

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ATENCIÓN TELEFÓNICA AL USUARIO
(CALL CENTER) EN EL SERVICIO BOLIVARIANO DE INTELIGENCIA
NACIONAL (SEBIN) BASADO EN SOFTWARE LIBRE Y TECNOLOGÍA
DE TRANSMISIÓN DE VOZ SOBRE IP**

Trabajo Especial de Grado

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

REALIZADO POR

MARÍA FERNANDA LAVERDE

MARIALEJANDRA LÓPEZ

PROFESOR GUÍA

LUCÍA RODRÍGUEZ

FECHA

Caracas, Julio 2012

AGRADECIMIENTOS

A Dios,

A mis padres, Mariluz y Germán, por su apoyo y amor incondicional en cada instante de mi vida y por hacer posible este logro. Los amo.

A mi familia, por ser mi pilar y fortaleza en los momentos más duros y llenarme de consejos y amor.

A mi novio por brindarme su grata compañía, cariño sincero, y alentarme en momentos difíciles a lo largo de este proyecto.

A la Ing. Lucía Rodríguez, nuestra tutora, por brindarnos un gran apoyo, ayuda e interés a lo largo de la ejecución de este proyecto, y a todo el equipo del SEBIN que nos apoyó en los momentos que lo necesitamos.

A mis amigos y a los profesores de la UCAB por contribuir con mi formación personal y profesional durante estos 5 años.

María Fernanda Laverde Salazar

En primer lugar agradezco a Dios, por ayudarme a hacer este sueño realidad y por estar conmigo en cada momento de mi vida.

A mi familia, en especial a mis padres y mamá, quienes han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Gracias por su confianza, apoyo, comprensión y cariño. Sin ustedes esto no hubiese sido posible.

A mi novio, por su apoyo incondicional, paciencia y consejos que me dieron la ayuda necesaria para continuar en los momentos más difíciles.

A la Ing. Lucía Rodríguez, tutora del trabajo especial de grado por el apoyo brindado, orientación y guía, y a todo el equipo del SEBIN por toda la ayuda brindada.

A mis compañeros, amigos y profesores de la UCAB por contribuir en mi formación profesional durante toda la carrera.

Marialejandra López Urbano

RESUMEN

El presente trabajo de grado titulado "Diseño de un sistema de atención telefónica al usuario (Call Center) en el Servicio Bolivariano de Inteligencia Nacional (SEBIN) basado en software libre y tecnología de transmisión de voz sobre IP", se desarrolló mediante la necesidad de dicho organismo de establecer un sistema que permitiera brindar soporte tecnológico centralizado a las distintas bases desplegadas a nivel nacional, a través de un sistema de comunicación unificada basado en software libre que permita el establecimiento de un módulo de atención al usuario con las características que satisfagan las necesidades y requerimientos de la institución.

Debido a que el SEBIN no dispone actualmente de una red de interconexión con ninguna de sus bases a nivel nacional, surgió la necesidad de incluir un diseño de interconexión, el cual incorporó mayor robustez al objetivo planteado inicialmente, ya que con una red interna exclusiva, los usuarios de cada base podrían obtener soporte directo sin necesidad de conducir las llamadas por la red de telefonía pública, y de ésta manera evitar el tráfico de datos a través de terceros, incrementando así la seguridad y autonomía del sistema de comunicación.

Para la ejecución de este trabajo de grado, se estableció una metodología que se apoya en una investigación de campo, con la modalidad de proyecto factible, estableciendo un diagnóstico de necesidades para el posterior cumplimiento de los objetivos planteados. Dichos objetivos se cumplieron satisfactoriamente, evidenciándose en la implementación piloto realizada en la sede principal del SEBIN, lo cual proporcionó a la institución un modelo de prueba, siendo este el que se utilizará como réplica para la futura implementación global del diseño propuesto.

En el estudio realizado, se seleccionó un sistema de comunicación unificada llamado Elastix, el cual permitió satisfacer la necesidad planteada de la institución, además de brindar un conjunto de funcionalidades adicionales que le dan un valor agregado al sistema de comunicaciones diseñado.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiv
CAPITULO I.....	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Justificación del proyecto	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Limitaciones y alcance	4
CAPÍTULO II.....	5
2.1. Modelo OSI (Open System Interconnection) y TCP/IP (Transmisión Control Protocol/Internet Protocol).....	5
2.2. Red de Telefonía Pública Conmutada (PSTN - Public Switched Telephone Network)	6
2.3. Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)	7
2.4. PBX (<i>Private branch exchange</i> – Central Privada de Conmutación)	8
2.5. VoIP.....	8
2.5.1. Definición VoIP	8
2.5.2. Funcionamiento de VoIP.....	9
2.5.3. Telefonía IP	10
2.5.4. Diferencia entre la telefonía IP y la Convencional	11
2.5.5. Protocolos de VoIP	12
2.5.5.1. Protocolo SIP (Session Initiation Protocol - Protocolo de inicio de sesión) 13	
2.5.5.2. Protocolo H323	13

2.5.5.3. Protocolo IAX (<i>Inter-Asterisk Exchange Protocol</i> - Protocolo de intercambio entre centrales Asterisk)	14
2.5.6. Protocolos de transporte	15
2.5.6.1. TCP (<i>Transmission Control Protocol</i> – Protocolo de Control de Transmisión).....	15
2.5.6.2. UDP (<i>User Datagram Protocol</i> – Protocolo de Datagrama de Usuario)	15
2.5.6.3. RTP (<i>Real-time Transport Protocol</i> - Protocolo de Transporte en Tiempo Real)	16
2.5.6.4. RTCP (<i>RTP Control Protocol</i> – Protocolo de Control De RTP)	16
2.5.6.5. RTSP (Real-Time Streaming Protocol).....	16
2.5.7. Códec	17
2.6. Software libre.....	18
2.6.1. Ventajas sobre software privado:	18
2.6.2. Asterisk.....	19
2.6.2.1. Arquitectura	20
2.6.2.2. Canales.....	20
2.6.2.3. Tarjetas de telefonía.....	21
2.6.2.4. Protocolos	21
2.6.2.5. Códecs en Asterisk	22
2.6.2.6. API's.....	22
2.6.2.7. Distribuciones e interfaz gráfica:.....	22
2.6.2.7.1. Trixbox	23
2.6.2.7.2. Asterisk NOW	23
2.6.2.7.3. Elastix.....	23
2.6.3. Call Center.....	24
2.6.3.1. Infraestructura Telefónica.....	25
2.6.3.2. Infraestructura de datos	25
2.6.3.3. ACD (<i>Automatic Call Distributor</i> –Distribuidor Automático de Llamadas)	26
2.6.3.4. IVR (<i>Interactive Voice Response</i> - Respuesta de Voz Interactiva)	26
2.7. Modelos de tráfico	26
2.7.1. Proceso de Poisson y distribución exponencial.....	27
2.7.2. Modelos basados en teoría de colas.....	27

2.7.3.	Modelo Erlang C	29
2.7.4.	Métricas de un Call Center.....	29
2.8.	Calidad de Servicio (QoS).....	31
2.8.1.	Ancho de banda.....	31
2.8.2.	Retraso de extremo a extremo.....	32
2.8.3.	Variación del retraso (Jitter).....	32
2.8.4.	Pérdida de paquetes.....	33
2.8.5.	Requerimientos para una implementación de QoS:	33
2.8.5.1.	Identificar tipos de tráfico y sus requerimientos	33
2.8.5.2.	Clasificación del tráfico	34
2.8.5.3.	Definición de políticas para cada clase	34
2.8.6.	Estándar 802.1q.....	34
2.8.7.	Estándar 802.1p.....	35
2.8.8.	Modelos de QoS.....	35
2.8.8.1.	Modelo de servicios diferenciados (DiffServ)	36
2.8.8.1.1.	Tipos de PHB (Per-Hop Behavior) en DiffServ	37
2.8.9.	Congestión y Colas	38
2.8.9.1.	CBWFG (Class Based Weighted Fair Queuing – Clase Basada en Ponderación Equitativa de Colas)	39
2.8.9.2.	LLQ (Low Latency Queuing- Encolamiento de Baja Latencia).....	39
CAPÍTULO III.....		40
3.1.	Tipo de Investigación	40
3.2.	Diseño de Investigación	42
3.3.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	42
3.4.	Sistema de Variables	43
3.5.	Procedimiento de la investigación.....	45
CAPITULO IV		46
4.1	Descripción de la arquitectura y funcionamiento de red de VoIP.....	46
4.1.1	Equipos que conforman la arquitectura de red.....	47
4.1.2	Distribución y descripción de la red interna	50
4.1.2.1	Estructura del cableado del edificio	52
4.1.2.2	Estructura del tendido de Fibra óptica	52

4.1.3.	Descripción actual del funcionamiento de la red de VoIP	53
4.1.3.1.	Requerimientos del nuevo sistema	56
4.2.	Dimensionamiento de la red	57
4.2.1.	Elementos de diseño	58
4.2.1.1.	Software.....	58
4.2.1.2.	Software de Sistema Operativo	59
4.2.1.3.	Software de central IP PBX.....	59
4.2.1.4.	Servidor Asterisk	61
4.2.1.5.	Protocolos de Señalización.....	62
4.2.1.6.	Códec.....	64
4.3.	Red Interna de la sede principal (LAN).....	66
4.4.	Enlaces WAN.....	67
4.5.	Interfaces o tarjetas	68
4.6.	Dimensionamiento del Call Center.....	69
4.6.1.	Modelo Erlang C	72
4.7.	Calidad de servicio.....	74
4.8.	Diseño del Call Center	82
4.8.1.	Esquema de red propuesto.....	83
4.8.2.	Descripción de los elementos	83
4.8.2.1.	ACD (<i>Automatic call Distributor</i> -Distribuidor automático de llamadas). 83	
4.8.2.2.	IVR (<i>Interactive voice response</i> - Respuesta de voz interactiva).....	84
4.8.2.3.	Router	85
4.8.2.4.	Switch.....	85
4.8.3.	Descripción del área de trabajo	86
4.8.3.1.	Agentes	86
4.8.3.2.	Supervisor de Agente.....	86
4.8.3.3.	Cubículos	86
4.8.3.4.	Área de trabajo.....	87
4.9.	Seguridad	88

CAPITULO V.....	90
5.1. Levantamiento de información.....	90
5.2. Análisis y evaluación.....	91
5.3. Ingeniería de detalle	91
5.3.1. Elementos utilizados en la Red LAN	92
5.3.1.1. Hardware	92
5.3.1.2. Módulo IP PBX.....	94
5.3.2. Elementos utilizados en la Red WAN.....	95
5.4. Diseño del módulo de atención al usuario (Call Center).....	96
5.4.1. Primera fase.....	96
5.4.2. Segunda fase.....	99
5.4.3. Tercera fase	101
5.4.3.1. Creación de extensiones.....	102
5.4.3.2. Creación de Agentes	103
5.4.3.3. Creación de Colas	104
5.4.3.5. Creación de formularios.....	107
5.4.3.6. Configuración del IVR.....	109
5.4.3.7. Configuración del Call Center entrante.....	112
5.4.3.8. Pruebas	115
5.4.3.8.1. Llamadas internas	115
5.4.3.8.2. Llamadas entre dos bases.....	116
5.4.3.8.3. Prueba de llamadas entrantes y salientes provenientes de PSTN	119
5.4.3.8.4. Prueba llamada entrante (Número externo → Línea SEBIN)	123
5.4.3.9. Seguridad en Elastix.....	126
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	129
6.1. Conclusiones.....	129
REFERENCIAS	132
APÉNDICES.....	137
APÉNDICE A	137
Abreviaturas y Acrónimos	137
ANEXOS	140

Anexo A. Estructura de funcionamiento de central Asterisk.	140
Anexo B. Tarjeta de telefonía analógica (dos módulos FXO) usada para las pruebas en sede principal SEBIN.....	141
Anexo C. Tarjetería instalada en el puerto PCI del servidor Elastix.	142

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Arquitectura de Asterisk	20
Figura 2. Elastix. Servidor de Comunicaciones Unificadas.....	24
Figura 3. Trama Ethernet	35
Figura 4. Campo TOS dentro de la cabecera Ipv4	36
Figura 5. Campo TOS dentro de la cabecera Ipv6.	37
Figura 6. Utilización de los bits del campo DS.	37
Figura 7. Topología de red SEBIN	51
Figura 8. Representación de la falla en el módulo E1.	55
Figura 9. Representación de funcionamiento correcto de un módulo E1.	56
Figura 10. Esquema de QoS.	76
Figura 11. Arquitectura de red para el Call Center sede Principal.....	83
Figura 12. Diagrama de interconexión a nivel nacional.....	88
Figura 13. Esquema conexión fibra óptica entre puntos.	96
Figura 14. Esquema de conexión del Call Center con red LAN en sede principal.	97
Figura 15. Esquema de red de conexión entre bases	99
Figura 16. Distribución física y de cableado de la Oficina de Atención al Usuario.	100

Figura 17. Instalación del módulo de Call Center en Elastix.	102
Figura 18. Creación de extensiones en Elastix.....	103
Figura 19. Creación de agentes en Elastix.....	103
Figura 20. Creación de colas en Elastix.	105
Figura 21. Creación de rutas entrantes en Elastix.....	106
Figura 22. Creación de formularios en Elastix.....	108
Figura 23. Creación de formularios en Elastix	108
Figura 24. Creación de IVR en Elastix.....	109
Figura 25. Grabación del IVR en Elastix.....	110
Figura 26. Guardar las grabaciones del IVR en Elastix.	110
Figura 27. Evidencia de las grabaciones del IVR en Elastix.	111
Figura 28. Configuración del IVR en Elastix.	111
Figura 29. Configuración de llamadas entrantes al call center en Elastix. ...	112
Figura 30. Selección de la cola para llamadas entrantes al call center en Elastix.	113
Figura 31. Configuración de Campañas entrantes para el call center en Elastix.	114
Figura 32. Prueba de llamada interna.	116
Figura 33. Prueba de llamadas mediante una troncal IAX2.	117
Figura 34. CLI de Principal.	118

Figura 35. CLI de Base 1.	118
Figura 36. Detección de tarjeta. F	120
Figura 37. Indicador del funcionamiento de los puertos FXO.	120
Figura 38. Creación de troncal DAHDI.	121
Figura 39. Creación de rutas de entrada.	122
Figura 40. Configuración de rutas salientes.	123
Figura 41. Llamada entrante vista desde el CLI.	124
Figura 42. Llamada entrante vista desde el CLI.	124
Figura 43. Direccionar llamadas al IVR. F	125
Figura 44. Consola del Agente.	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de códecs según parámetros.....	17
Tabla 2. Identificación y Definición de las Variables.....	44
Tabla 3. Listado de equipos del SEBIN.....	47
Tabla 4. Distribución de equipos por piso en el SEBIN.	48
Tabla 5. Especificaciones de la Central Telefónica	49
Tabla 6. Especificaciones técnicas de los teléfonos presentes en el SEBIN .	50
Tabla 7. Distribución por piso de la estructura de conexión de fibra óptica .	53
Tabla 8. Comparación de distribuciones Elastix vs Trixbox.	60
Tabla 9. Características de Hardware según cantidad de líneas telefónicas. .	61
Tabla 10. Comparación entre protocolos de señalización SIP, H.323 e IAX.	63
Tabla 11. Comparación del consumo de ancho de banda según el tipo de códec.....	66
Tabla 12. Ancho de banda requerido según el códec G.711	67
Tabla 13. Parámetros dimensionamiento. Fuente: Elaboración propia	71
Tabla 14. Mapeo DSCP.	79
Tabla 15. Políticas de calidad de servicio	80
Tabla 16. Declaración de clases	81

Tabla 17. Declaración de políticas.	81
Tabla 18. Formulario configurado para el call center en Elastix.	108
Tabla 19. Comandos de tráfico.	127

INTRODUCCIÓN

El trabajo de grado que se desarrollará a continuación corresponde al “Diseño de un sistema de atención telefónica al usuario (Call Center) en el Servicio Bolivariano de Inteligencia Nacional (SEBIN) basado en software libre y tecnología de transmisión de voz sobre IP”, y se trata justamente de elaborar un diseño que permita transmitir voz sobre una red de datos existente y a la vez tenga la capacidad de emplear un sistema de atención al usuario el cual, funcione en la sede principal del SEBIN y que pueda brindar servicio (soporte y atención al usuario) a cada uno de los trabajadores que se desempeñan en las distintas bases a nivel nacional.. Este trabajo de grado está dividido en seis (6) Capítulos (Capítulo I, II, III, IV, V y VI), los cuales se explican a continuación:

Capítulo I, está conformado por el planteamiento del problema, justificación del proyecto, los objetivos, las limitaciones y alcances que tendrá dicho trabajo de grado.

Capítulo II, contiene las bases teóricas más importantes que sustentan cada una de las acciones tomadas en el diseño para poder dar solución a la problemática expuesta en el capítulo anterior.

Capítulo III, contempla la metodología de investigación empleada para llevar a cabo cada uno de los objetivos planteados en el capítulo I.

Capítulo IV, muestra de manera detallada el desarrollo del trabajo de grado. Este comienza con un completo levantamiento de información correspondiente a la infraestructura de red presente en la sede principal del SEBIN, posteriormente se hace un análisis de la situación y problemática existente, para poder realizar una ingeniería de detalle en donde se contemple cada uno de los requerimientos

necesarios para el nuevo diseño que brinde una completa solución a dicha problemática.

En el capítulo V, se presentan cada uno de los resultados obtenidos durante la ejecución de los objetivos propuestos. También se expone de manera detallada el diseño final, especificando cada uno de los requerimientos tanto de hardware como de software que se necesitan a la hora de poner en marcha dicha solución. Adicionalmente, este capítulo contendrá cada uno de los procedimientos y resultados obtenidos durante la implementación piloto de un módulo de atención al usuario en la sede principal del SEBIN.

Finalmente, en el capítulo VI se muestran las conclusiones y recomendaciones obtenidas, dando respuesta a la necesidad existente en el Servicio Bolivariano de Inteligencia Nacional (SEBIN).

CAPITULO I

1.1. Planteamiento del problema

El Servicio Bolivariano de Inteligencia Nacional es un organismo de inteligencia el cual, dentro de sus funciones, comprende desarrollar proyectos y tecnologías de la información, y del conocimiento, que contribuyan a la obtención veraz y oportuna de información de interés para el país.

Hoy en día, el SEBIN cuenta con una sede principal la cual está ubicada en Caracas y más de 30 bases desplegadas en todo el territorio nacional. Dichas bases no gozan de un medio de interconexión directo y privado con la sede central, comunicándose a través de medios no autónomos como internet o la red telefónica pública (PSTN), dependiendo así de terceros para dicha comunicación. Esta situación no garantiza comunicaciones seguras ni eficientes, siendo esto un punto fundamental para los servicios prestados por una institución de inteligencia.

Actualmente, la directiva de la Oficina de Sistemas de Tecnologías e Información (OSTI), ha decidido realizar un estudio para el establecimiento de una plataforma tecnológica que permita una comunicación unificada entre la sede principal y las distintas bases a nivel nacional para brindar soporte a necesidades tecnológicas que presenten las mismas.

La implementación de un módulo de atención al usuario ó Call Center, presentaría una solución a las necesidades planteadas, el cual permitiría la comunicación directa de las bases con la sede principal para brindar soporte técnico y atención a los funcionarios que requieran de este servicio

Dado el creciente desarrollo que en los últimos años ha tenido la tecnología VoIP, la cual permite la integración de voz y datos bajo una sola infraestructura, la utilización de esta tecnología en los Call Centers han permitido obtener mejores

resultados en cuanto al nivel de servicio que estos brindan y es lo que los hace diferentes y competitivos en relación a los Call Centers basados en circuitos conmutados.

Por la situación expresada anteriormente, surgió la necesidad de diseñar un Sistema de Atención Telefónica al Usuario (Call Center) en el Servicio Bolivariano de Inteligencia Nacional (SEBIN) basado en Software Libre y Tecnología de Transmisión de Voz sobre IP.

1.2. Justificación del proyecto

La necesidad de mantenernos comunicados y poder transmitir información, ha sido uno de los grandes retos del mundo moderno. El desarrollo de las telecomunicaciones, ha originado un gran impacto positivo en todos los sectores productivos de la sociedad, no quedándose atrás la administración pública y privada. En los servicios que prestan las comunicaciones, se hace evidente esta necesidad. En tal sentido, muchas organizaciones han comenzado a adoptar diferentes tipos de tecnología en la transferencia de información, que permita interconectar las entidades de una comunidad.

Un Call Center o centro de ayuda telefónica entre el edificio Sede SEBIN y el resto de las unidades desplegadas en todo el territorio nacional permitirá brindar los servicios anteriormente mencionados a cada uno de los funcionarios de esta institución, utilizando tecnología apta de telecomunicaciones y sistemas de soporte computacionales, valiéndose también de recursos humanos altamente capacitados. La utilización de la tecnología VoIP en el Call Center resultó ser una excelente alternativa para proveer información y servicios generando un trabajo más efectivo y eficiente en la Oficina de Sistemas y Tecnologías de Información.

Los beneficios de la investigación, se señalan a continuación:

- Establecimiento de un punto único de interacción entre la sede central del SEBIN y las bases ubicadas en las diversas ciudades del país.
- Incentivo del uso productivo de la infraestructura de tecnología y potenciarlos para que esté en capacidad de brindar el mejor servicio a cada uno de procesos tecnológicos del SEBIN.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un Sistema de Atención Telefónica al Usuario (Call Center) en el Servicio Bolivariano de Inteligencia Nacional (SEBIN) basado en Software Libre y Tecnología de Transmisión de Voz sobre IP.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento de información de los requerimientos técnicos de la Infraestructura de Telecomunicaciones actual del Servicio Bolivariano de Inteligencia Nacional (SEBIN) en la sede principal.
- Evaluar la información de los requerimientos técnicos para realizar la Ingeniería de detalle de la arquitectura de Hardware y Software para el Call Center a diseñar.
- Diseñar el Sistema de Atención al Usuario (Call Center) basado en software libre y transmisión de VoIP.
- Implementar un sistema de atención al usuario (Call Center) piloto basado en software libre y transmisión de VoIP en la sede principal del Servicio Bolivariano de Inteligencia Nacional (SEBIN) ubicado en Caracas.

1.4. Limitaciones y alcance

El alcance del trabajo de grado comprendió desde el desarrollo de la ingeniería de detalle (partiendo de la base de la infraestructura actual de telecomunicaciones), hasta el diseño del Sistema de Atención al Usuario (Call Center) basado en Software Libre y VoIP.

Las limitantes en cuanto a la implementación piloto del proyecto, se encuentran:

- Debido a que no se cuenta actualmente con ninguna conexión dedicada punto a punto entre la sede principal y las bases, la implementación piloto se realizó únicamente a la sede principal ubicada en Caracas.
- La implementación estuvo condicionada por la asistencia del proveedor de servicios (CANTV) en cuanto a configuración de módulos E1 de los cuales dispone la institución.
- La disponibilidad de equipos.

Restricciones

La única restricción que presentó el proyecto de Diseño de un Sistema de Atención al Usuario (Call Center) basado en Software Libre y VoIP, es que el SEBIN es el organismo público encargado de la seguridad de Estado, la información referente a la organización, presupuesto, direcciones IP y topologías de conexión fueron referenciales, por ser información confidencial.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

El siguiente capítulo contendrá cada uno de los fundamentos teóricos que sustentan el siguiente trabajo de grado, haciendo énfasis en cada uno de los aspectos relacionados con el diseño de un sistema de atención al usuario, tecnología de voz sobre IP y software libre.

2.1. Modelo OSI (Open System Interconnection) y TCP/IP (Transmisión Control Protocol/Internet Protocol)

Existen dos tipos básicos de modelos de creación de redes, el primero es el modelo de protocolo y el segundo, modelo de referencia. Un modelo de protocolo ofrece un patrón que coincide con la estructura del conjunto de un protocolo en particular. El modelo TCP/IP es un modelo de protocolo, ya que describe las funciones que se producen en cada capa de los protocolos dentro del conjunto TCP/IP.

Un modelo de referencia, por su parte, proporciona una referencia común para mantener consistencia en todos los tipos de protocolos y servicios de red, facilitando la comprensión de los protocolos de comunicación. Un modelo de referencia no está pensado para ser implementado y su propósito principal es asistir en la comprensión más clara de las funciones y los procesos involucrados.

El modelo de interconexión de sistema abierto (OSI) es el modelo de referencia de Internetwork más ampliamente conocido. Se utiliza para el diseño de redes de datos, especificaciones de funcionamiento y resolución de problemas. Los protocolos

que forman el conjunto de protocolos TCP/IP pueden describirse en términos del modelo de referencia OSI. En el modelo OSI, la capa Acceso a la red y la capa Aplicación del modelo TCP/IP están subdivididas para describir funciones discretas que deben producirse en estas capas. (Morales, 2010)

2.2. Red de Telefonía Pública Conmutada (PSTN - Public Switched Telephone Network)

Una Red de Telefonía pública conmutada (PSTN), tiene como objetivo principal en la transmisión de señales de voz, en forma conmutada y con acceso generalizado del público en general.

El funcionamiento de esta red, por ser conmutada, consiste en la marcación de un identificador numérico (número telefónico) y el envío de la señal de voz a un switch automático, sin necesidad de operadores, el cual conmute la llamada a su destino, permitiendo así mayor alcance, rapidez y eficiencia en las llamadas. Al respecto, Ferrer-Rocca (2001) señala que:

La Red de Telefonía Pública Conmutada (*Public Swiched Telephone Network*). Esta red es, por su longitud, la red de comunicaciones más grande del mundo, con más de un billón de terminales a lo largo de todo el mundo, las cuales, salvo en algunas excepciones-por razones políticas-pueden comunicarse entre sí. Para los servicios que no transportan sonido, han de utilizarse módems para conseguir la comunicación punto a punto. El ancho de banda típico de un módem es de 30 Kbps para comunicaciones de corta distancia, decayendo a 15 Kbps o menos para largas distancias internacionales. Las líneas PSTN se facturan por minuto (en muchos países las llamadas locales son gratuitas). El servicio PSTN es isócrono y bidireccional (p.113).

2.3. Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)

En 1984 la CCITT definía la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados), como:

Una red, en general evolucionada de una red digital integrada telefónica, que proporciona, de un extremo a otro, conectividad digital, soportando un amplio abanico de servicios, ya sean vocales u otros, y a la que los usuarios pueden tener acceso mediante dispositivos o interfaces multi-propósito.

La RDSI ha sido diseñada, como sucesor de las actuales redes telefónicas públicas, respecto de las que ofrece características como: audio de 7 KHz, frente a los 3,1 KHz de la telefonía básica, mejorando sensiblemente la calidad, comunicaciones digitales a 64 Kbits por segundo, frente a los 14,4 Kbps. teóricamente alcanzables por las redes telefónicas conmutadas, uso de un canal de señalización normalizado, un único medio de acceso para transferencia de voz, imagen, datos y textos, por medio de conmutación de circuitos o de paquetes.

La RDSI actual, también conocida como RDSI de banda estrecha, está basada en una de las dos estructuras definidas por CCITT:

La primera corresponde al Acceso Básico (*BRI*) el cual actúa como acceso simultáneo a dos canales de 64Kbps, denominados canales “B” usados para la transmisión de voz ó datos, y un canal de 16Kbps, llamado canal “D” para la realización de llamadas y otros tipos de señalización entre equipos de la red. En conjunto se denomina “2B+D” que en conjunto proporciona 144 Kbps.; la segunda se le llama Acceso primario (*PRI*), la cual es una estructura de acceso simultáneo a treinta canales tipo B de 64kbps, para voz y datos. Un canal D, para la señalización. Este conjunto varía según la ubicación. Por ejemplo en Europa y América se usa el

estándar PRI E1 que corresponde a 30 canales de 64Kbps, proporcionando aproximadamente unos 1949 Kbps.

2.4. PBX (*Private branch exchange* – Central Privada de Conmutación)

Una PBX ó PABX, como sus siglas lo indican, se refiere a una Central Privada Automática de Conmutación, controlada por software, que se utiliza para aplicaciones telefónicas, la cual está directamente conectada a la red pública de telefonía mediante líneas troncales y proporciona funciones de conmutación de llamadas internas, entrantes y salientes a los usuarios que se encuentren conectados a la central, a su vez, se pueden realizar llamadas internas sin necesidad de acceder a la red pública de conmutación (PSTN), y la operadora es la encargada de atender las llamadas entrantes y dar curso de las salientes. Generalmente, estos equipos pertenecen únicamente a la empresa que opte por su instalación y no a la compañía telefónica que brinda el servicio, es por esta razón que se le conoce como centrales privadas.

2.5. VoIP

2.5.1. Definición VoIP

Voz sobre IP, es una tecnología la cual utiliza una conexión a internet de banda amplia para hacer llamadas telefónicas en lugar del sistema telefónico normal. (Flickenger, 2008, p.420).

2.5.2. Funcionamiento de VoIP

VoIP, utiliza una infraestructura de red IP para transmitir llamadas telefónicas, evitando cargos de larga distancia por minuto. Dicha tecnología utiliza cada uno de los dispositivos de hardware presentes en la red para digitalizar las señales analógicas provenientes de un teléfono, posteriormente ejecuta las siguientes acciones: comprimir la información y cargarlas en paquetes IP, dirigir los paquetes a una compuerta en el destino de la llamada, y luego enviarla de nuevo sobre una red IP (Intranet o Internet). Al alcanzar el destino, una compuerta idéntica invierte el proceso, luego enruta la llamada desde la red IP a la PBX o central a la red telefónica pública. (Roussomano)

Existen muchas tecnologías que permiten comunicarnos por la red. Las opciones tecnológicas de VoIP, se pueden dividir en dos grandes grupos: Sistemas cerrados y sistemas abiertos. En el primer grupo de tecnologías, por ejemplo, se encuentra Skype, o el Cisco Skinny, el cual se refiere a un protocolo de control para terminales, propio de Cisco. En el segundo grupo, se encuentran los estándares abiertos los cuales se basan en protocolos tales como SIP, H323, o IAX. (Flickenger, 2008, p.441)

Dentro de la tecnología VoIP, se hace uso de redes IP para el transporte de datos, estas redes actualmente, se pueden clasificar de la siguiente manera, reseñada en Flickenger (2008):

- Internet: Hoy en día el estado de la red no permite un uso profesional para el tráfico de la voz, ya que la transmisión se ve afectada por diversos factores de calidad de servicio, como lo son el ancho de banda utilizado el cual es variable.

- **Red IP Pública:** Las empresas tienen la conectividad necesaria para interconectar sus redes de área local en lo que al tráfico IP se refiere mediante algún proveedor. Se puede considerar como algo similar a Internet, pero con mayor calidad de servicio y con importantes mejoras en seguridad. Hay operadoras que incluso ofrecen garantías de bajo retardos y/o ancho de banda, lo que las hace muy interesante para el tráfico de voz.
- **Intranet:** La red IP implementada por la propia empresa. Suele constar de varias redes LAN (Ethernet conmutada, ATM, entre otros.) que se interconectan mediante redes WAN tipo Frame Relay/ATM, línea punto a punto, RDSI para el acceso remoto, entre otros. En este caso la empresa tiene bajo su control prácticamente todos los parámetros de la red, por lo que resulta ideal para su uso en el transporte de voz.

2.5.3. Telefonía IP

La telefonía IP, es un término que abarca todas las tecnologías que utilizan el Protocolo de Internet para la conmutación de paquetes, bien sea redes IP públicas o privadas, y así establecer conexiones permitiendo el intercambio de voz, datos, fax y otras formas de información. Esta tecnología, ha sido utilizada tradicionalmente para la realización de llamadas, tanto internas como externas, usando la red de Internet en lugar de la red de telefonía pública conmutada (PSTN/RDSI).

La telefonía IP es una aplicación inmediata de la tecnología VoIP, la cual se refiere a la transmisión de voz sobre el protocolo de Internet, de manera que permite la realización de llamadas telefónicas convencionales sobre redes IP u otras redes de paquetes, utilizando computadoras, unidades de multiconferencia, Gateway, y/o teléfonos normales.

Para la realización de una llamada a través de la red IP, es necesario llevar a cabo los siguientes pasos, señalados en Huidobro y Conesa (2006):

- Conversión de la señal de voz analógica a formato digital.
- Compresión de la señal al protocolo de Internet (IP) para su transmisión.

Por otra parte, el mecanismo realizado al momento de la recepción de la señal transmitida, consiste básicamente en un proceso inverso al realizado en la transmisión, ya que es necesario poder recuperar de nuevo la señal de voz analógica. A la hora de realizar una llamada, usando la telefonía IP, es necesaria la digitalización y compresión de la señal de voz, para luego, enviar la información en paquetes de datos IP al receptor. Cuando dicha información llega a su destino, es necesario ensamblar y descomprimir de nuevo los datos para poder convertirlos en la señal de voz original.

2.5.4. Diferencia entre la telefonía IP y la Convencional

Desde su aparición, la telefonía ha permitido la transmisión de señales analógicas dentro de la denominada “banda vocal”. Referente a la cita textual Huidobro y Conesa (2006), señalan que:

En una llamada normal, la central telefónica establece una conexión permanente entre ambos interlocutores, conexión que se utiliza para llevar las señales de voz. En una llamada telefónica por IP, los paquetes de datos, que contienen la señal de voz digitalizada y comprimida, se envían a través de la red IP a la dirección IP del destinatario. Cada paquete puede utilizar un camino para llegar, están compartiendo un medio, una red de datos. Cuando llegan a su destino son ordenados y convertidos de nuevo en señal de voz (p.270).

Una llamada telefónica normal requiere una enorme red de centralitas telefónicas conectadas entre sí mediante fibra óptica y/o satélites de telecomunicación, además de los cables (bucle local) que unen los teléfonos con las centrales telefónicas. Las enormes inversiones necesarias para crear y mantener esa infraestructura se tiene que pagar cuando se realizan llamadas, especialmente llamadas de larga distancia. Además cuando se establece una llamada se tiene un circuito dedicado, con un exceso de capacidad que realmente no se está utilizando.

Por otra parte, en una llamada telefónica IP se está comprimiendo la voz y utilizando una red de paquetes sólo cuando es necesario. Los paquetes de datos de diferentes llamadas, e incluso de diferentes tipos de datos, pueden viajar por la misma línea al mismo tiempo.

Además, el acceso a Internet cada vez es más barato, muchos ISP (*Internet Service Provider*) lo ofrecen gratis, sólo se paga la llamada, siempre con tarifa local, mucho más barata. También se empiezan a extender las tarifas planas, conexiones por cables, ADSL, (*Asymmetric digital subscriber line*) entre otros., con lo que el ahorro de costes para los usuarios es evidente. (Huidobro Moya y Conesa, 2006, p.288)

2.5.5. Protocolos de VoIP

Son normas que se utilizan para establecer el lenguaje con el cual se realizará una conversación a través de paquetes IP. Existen diversos protocolos de señalización por canal que pueden utilizarse en VoIP, entre ellos: SIP, H323, e IAX.

2.5.5.1. Protocolo SIP (Session Initiation Protocol - Protocolo de inicio de sesión)

Es un protocolo de señalización y control del nivel de aplicación, que se caracteriza por establecer, modificar y finalizar sesiones multimedia. Por ser un protocolo de petición-respuesta, se considera punto a punto. Es más nuevo que el H.323, y sus aplicaciones se usan regularmente para el intercambio de video, mensajería, voz, juegos entre otros. SIP no es un sistema completo de comunicaciones, si no que se trata de un componente que se puede complementar con otros protocolos de Internet, con la finalidad de implementar una aplicación multimedia completa.

La esencia de los servicios que se pueden ofrecer con SIP, provoca que la seguridad resulte muy importante. Por esto, este protocolo, brinda una serie de mecanismos de seguridad que incluyen la prevención de la denegación de servicios, la autenticación de usuarios y proxy, la protección de la integridad, y los servicios cifrados.

2.5.5.2. Protocolo H323

Este protocolo está considerado como una alternativa a SIP, y es muy popular a la hora de la transmisión en tiempo real, bien sea de audio o video. Está dedicado a la transmisión de VoIP. Con H323, es posible establecer comunicación entre un equipo conectado a Internet y un teléfono conectado a la red pública.

El requisito mínimo de H323, es que se debe soportar el audio, pero las características de video son opcionales. De ésta manera los fabricantes pueden ofrecer unos equipos sencillos, con las características de audio, y dejarles la parte de video a los equipos más sofisticados. Para transmitir los datos de audio, se utiliza un estándar

que emplea PCM (G.711), para generar voz digitalizada tanto a 56kbps como a 64 Kbps

2.5.5.3. Protocolo IAX (*Inter-Asterisk Exchange Protocol*- Protocolo de intercambio entre centrales Asterisk)

La segunda versión del protocolo de comunicación entre Asterisk (*Inter-Asterisk eXchange*) se conoce como IAX2, surge como una alternativa al protocolo de señalización SIP. Fue creado como un protocolo de conexiones VoIP entre servidores Asterisk. Este protocolo se diferencia del SIP, ya que utiliza sólo un par de flujos donde voz y datos coexisten. Ésta forma de enviar tanto las conversaciones como la señalización por el mismo canal, se conoce como in-band, en contraste con el método que usa SIP, el out-of-band. (Basto, 2007)

Debido a su diseño, IAX2 es la opción más adecuada en regiones en desarrollo donde existe gran presencia de NATs. Además, IAX2 es capaz de empaquetar llamadas simultáneas en un solo flujo de paquetes IP. Este mecanismo es conocido como “*trunking*” y su implementación resulta en ahorros en el consumo de ancho de banda. (Basto, 2007)

En resumen, el protocolo IAX2 es recomendable en conexiones entre regiones ya que ofrece las siguientes ventajas:

- Reduce el uso de ancho de banda por llamada.
- Evita problemas de NAT (Network Address Translation).
- Reduce aún más el ancho de banda cuando se realizan varias llamadas simultáneas (como resultado del “*trunking*”)

Entre las medidas para reducir el ancho de banda es importante señalar que IAX2 es un protocolo binario en lugar de ser un protocolo de texto como SIP y que hace que los mensajes usen menos ancho de banda.

2.5.6. Protocolos de transporte

2.5.6.1. TCP (*Transmission Control Protocol* – Protocolo de Control de Transmisión)

Es un protocolo que se encarga del transporte confiable del flujo de datos que se transmite en la red, evitando que ocurran retransmisiones, pérdidas de paquetes, un mal orden en la llegada de los paquetes, duplicación de paquetes entre otros. Adicionalmente, TCP es un protocolo orientado a conexión por lo cual asegura la recepción en destino para poder transmitir algún paquete. (García, 2010).

2.5.6.2. UDP (*User Datagram Protocol* – Protocolo de Datagrama de Usuario)

Es un protocolo empleado comúnmente en la transmisión en tiempo real de datos multimedia, donde el tiempo no es una limitante. Adicionalmente, es importante resaltar que, este protocolo no transporta el flujo de datos de forma fiable, es no orientado a conexión por lo que no mantiene un estado de conexión, evitando que se realice el seguimiento de parámetros. Además no tiene confirmación por lo que no sabe si ha llegado o enviado correctamente los paquetes de datos. (García, 2010)

2.5.6.3. RTP (*Real-time Transport Protocol*- Protocolo de Transporte en Tiempo Real)

Es un protocolo de nivel de aplicación empleado en la transmisión (extremo a extremo) de información en tiempo real sobre una red de paquetes. Posee la capacidad de ejecutar la entrega de datos *multicast* para aplicaciones de *streaming*, videoconferencia, etc., siempre que la red proporcione los servicios.

RTP no garantiza la calidad del servicio ni el retraso en la entrega de los datos, por lo que necesita el apoyo de capas más bajas que controlen la reserva de recursos. (Villalón, 2008)

2.5.6.4. RTCP (*RTP Control Protocol* – Protocolo de Control De RTP)

Es un protocolo que se encarga de monitorear la calidad del servicio y proporciona información sobre los participantes durante una sesión de intercambio de datos. Este protocolo no está en capacidad de soportar todos los requerimientos de comunicación de una aplicación, sólo las más básicas.

La principal función de RTCP es generar una retroalimentación útil para mantener una calidad de distribución adecuada: los receptores de una sesión emplean RTCP para informar al emisor sobre la calidad de su recepción, incorporando el número de paquetes perdidos, *jitter* y RTT (tiempo empleado por un paquete en realizar todo el circuito: llegar al receptor y volver de nuevo al emisor). (Villalón, 2008)

2.5.6.5. RTSP (*Real-Time Streaming Protocol*)

Es un protocolo empleado para la optimización del flujo de datos multimedia. Su principal ventaja se debe a sus similitudes con el HTTP lo cual, hace que sea

flexible a *proxys* y *firewalls*. Adicionalmente, es similar al modo de difusión *multicast* y es independiente de la capa de transporte usada: puede utilizar tanto TCP como UDP. (Villalón, 2008)

2.5.7. Códec

Son los elementos del software que realizan el proceso de compresión-descompresión. Codifica la señal (paso de analógico a digital), la comprime en el origen y la decodifica y descomprime al llegar a su destino para recuperar la señal original. Estos dispositivos fueron diseñados para aprovechar al máximo el ancho de banda, el cual ocurre gracias a la compresión de datos, cancelación de eco (G.178) y supresión de silencios (VAD)

Los tipos de códecs a utilizar va a depender de parámetros como: calidad de audio, capacidad del procesador, dispositivos que deben comunicarse y si es un códec propietario o libre. Los tipos más usados son los señalados en la siguiente tabla.

Códec	Descripción	Asociación	BW (Kbps)	Muestreo (KHz)	Observaciones.
G.711	Modulación codificada mediante pulsos (PCM)	ITU-T	64	8	Existen dos versiones para muestrear la señal
G.729	Codificación de voz: 8Kbit/s. Estructura conjugada con códigos de salida algebraica de predicción lineal.	ITU-T	8	8	Bajo retardo (15ms)
GSM 06.10	Excitación mediante pulsos regulares con predicción a largo plazo (RPE-LTP)	ETSI	13	8	Es utilizado por la tecnología celular GSM
G.726	Onda ADPCM, con buena calidad y baja carga de procesador	ITU-T	16/24/32/40 kbps	8	Disminución de BW sin aumentar la carga.

Tabla 1. Tipos de códecs según parámetros
Fuente: Elaboración propia.

2.6. Software libre

El software libre, es aquel que brinda oportunidades al usuario de tener libertad para ejecutar, estudiar, cambiar o mejorar un programa. En este caso el usuario puede ser una persona, empresa, ó institución pública.

Para que un software se considere como libre, debe otorgar al usuario cuatro libertades básicas, las cuales corresponden a lo siguiente:

- Libertad de ejecutar el software para cumplir cualquier función u objetivo.
- Libertad de analizar y estudiar el código, así como realizarle cualquier cambio. Para ello es necesario tener acceso al código fuente del programa o aplicación.
- Libertad de compartir y copiar los programas.
- Libertad de redistribuir copias de una versión mejoradas del software.

2.6.1. Ventajas sobre software privado:

El software libre ofrece al usuario una gran ventaja sobre el software privado, considerándose éste, como aquel que limita al usuario, ya que, no es capaz de ofrecerle al mismo las libertades que caracterizan al software libre, como se mencionan anteriormente. Algunas de las ventajas que ofrecen son:

- Favorece la interoperabilidad y la sostenibilidad de los sistemas.
- La utilización de repositorios públicos permite la exploración de su código, permitiendo así que una variedad de desarrolladores introduzcan mejoras y actualizaciones.
- Asegura la libre competencia ya que fomenta los proyectos colaborativos, lo que conlleva a una optimización de los costes de desarrollo, integración y mantenimiento del programa o aplicación.

- Estabilidad y confiabilidad, ya que por tener un código abierto disponible públicamente, está sujeto a constantes revisiones y pruebas, compartiendo así las soluciones a inconvenientes que puedan presentarse.

2.6.2. Asterisk

Es un sistema de telefonía basado en software libre que trabaja bajo licencia GNU/GPL, el cual proporciona todas las funcionalidades de una central telefónica (PBX). Asterisk fue desarrollado por Mark Spencer ante la imposibilidad de adquirir una central telefónica funcional para su empresa, por lo cual decidió crear por su cuenta un software que le permitiera tener las funciones que necesitaba, y decidió crearla bajo código abierto, con la finalidad de formar una amplia comunidad de desarrolladores que contribuyeran a corregir errores y añadir novedades y funcionalidades a su invento. Asterisk funciona en una amplia variedad de sistemas operativos, incluyendo Linux, Mac OS X, OpenBSD, FreeBSD y Solaris de Sun.

Este software permite la conexión en tiempo real entre la PSTN y redes de Voz sobre IP, actuando como una central automática conmutada, llamada comúnmente PABX por sus siglas en inglés (Private Automatic Branch Exchange). La diferencia de Asterisk con las centrales comunes, es que este brinda un conjunto de aplicaciones más avanzadas y tecnológicas que pueden actuar como una actualización a una central en funcionamiento ó trabajar por sí mismo directamente como una central telefónica por software.

Asterisk permite conectar las redes tradicionales (analógicas o digitales), a través de tarjetas de telefonía según sea el caso a utilizar (FXO/FXS, ISDN bri/pri, entre otras). Por otra parte, también permite la conexión con redes telefónicas de voz sobre IP, siempre y cuando el sistema utilice protocolos compatibles con Asterisk

(SIP, IAX2, H.323) y se utilicen los codificadores de audio pertinentes. Una ventaja de Asterisk es que prácticamente soporta todos los códecs de audio. (Gorrotxategi, 2006)

2.6.2.1. Arquitectura

En la figura 1. Se muestra la arquitectura interna del funcionamiento de Asterisk: canales, protocolos, códecs, aplicaciones, etc.

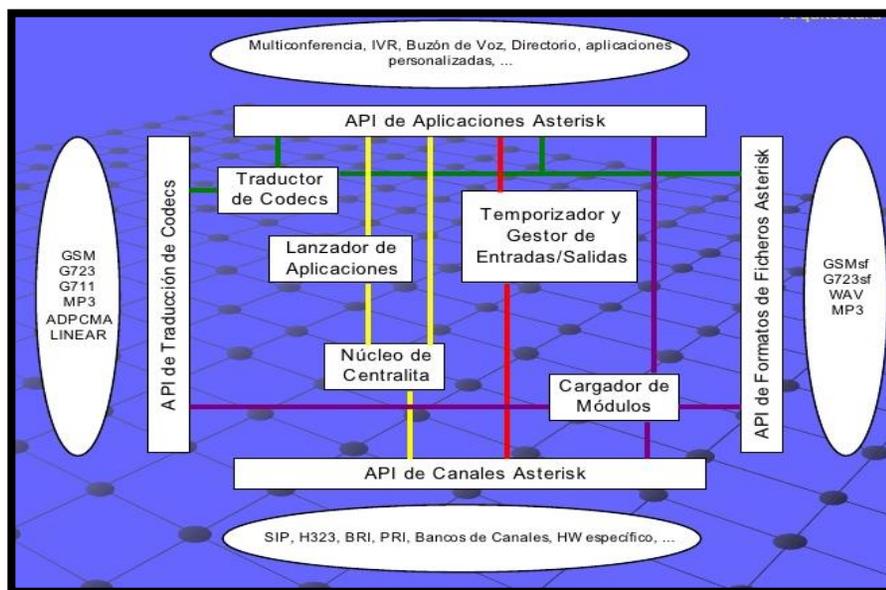


Figura 1. Arquitectura de Asterisk

Fuente: <http://www.slideshare.net/asterisk.tron/introduccion-a-asterisk>

2.6.2.2. Canales

La conexión tanto con la red de telefonía (analógica o digital) como con una red basada en voz sobre IP, se realiza mediante canales. Un canal es una conexión lógica que conduce una llamada entrante o saliente en el sistema Asterisk. La

conexión puede estar asociada a una línea telefónica analógica, digital o IP. Asterisk soporta varios canales de conexión, los más importantes son:

- Canales para líneas analógicas/Digitales: Canal DAHDI. Las siglas DAHDI corresponden a Digium Asterisk Hardware Device Interface, y actúa como driver de las tarjetas de telefonía distribuidas por la marca Digium, las cuales permiten la entrada y salida de llamadas por medio de Asterisk.
- Canal IP: Es el usado para la interconexión con centrales Asterisk, con teléfonos IP, y con cualquier dispositivo perteneciente a una red de voz sobre IP que soporte los protocolos de Asterisk tales como H.323, IAX2, SIP, MGCP etc. El canal IP comúnmente es llamado con el nombre del protocolo que se utilice. Ej. Canal SIP.

2.6.2.3. Tarjetas de telefonía

Las tarjetas para la comunicación con redes de telefonía, están disponibles tanto para interfaces telefónicas analógicas como digitales. Dentro de cada una de éstas categorías existen las siguientes sub- categorías:

- Analógicas: FXO /FXS
- Digitales: E1/T1/J1/BRI

2.6.2.4. Protocolos

Asterisk soporta una gran variedad de protocolos usados para la transmisión de voz sobre IP, tales como lo son: SIP, IAX2, H.323, MGCP, y Cisco Skinny. En el Anexo A se muestra un esquema de funcionamiento con los protocolos usados en la comunicación con una central Asterisk.

2.6.2.5. Códecs en Asterisk

En una red de datos es necesaria la codificación de manera que se use la menor cantidad de ancho de banda sin afectar notablemente la transmisión. Para establecer un flujo de llamadas alto en una red, se deben usar códecs, los cuales codifican a una tasa específica dependiendo el tipo.

Asterisk soporta prácticamente todos los códecs de audio, los más usados son: G.711 (ulaw y alaw), G.726, G.729, y GSM.

2.6.2.6. API's

Api de Canales: Controla las llamadas que ingresen al sistema, bien sean voz sobre IP o analógicas.

Api de formato de ficheros: Controla el formato de ficheros del sistema.

Api de aplicaciones: Contiene las aplicaciones tales como IVR, Multiconferencia, PBX, Voicemail etc. Mediante el AGI se pueden desarrollar más aplicaciones mediante lenguajes como C++, php etc.

Api de traducción de códec: Controla la traducción de códecs entre los terminales de una comunicación. (Astricon, 2005)

2.6.2.7. Distribuciones e interfaz gráfica:

FreePBX: Es la interfaz gráfica de usuario que controla y maneja Asterisk. Permite crear y administrar extensiones, troncales, IVRs, colas de llamadas etc.

AsteriskGUI: Al igual que FreePBX es una interfaz de administración WEB, desarrollada por Digium. No es tan usada como FreePBX, debido a que ésta presenta más funcionalidades y es más amigable para el usuario.

Por otra parte, existen distribuciones basadas en Asterisk las cuales incluyen funcionalidades y características adicionales. Entre las distribuciones más comunes de Asterisk, están:

2.6.2.7.1. Trixbox

Es una solución de software que posee las funcionalidades de una PBX IP, diseñada para pequeñas y medianas empresas. Es desarrollada por Fonality, e incluye CentOS distribución de Linux), FreePBX, y funcionalidades de gestión. Trixbox posee dos vertientes, una de código abierto y otra con licencia. La versión con licencia posee más funcionalidades que la anterior. (Fonality, 2010)

2.6.2.7.2. Asterisk NOW

Es una distribución desarrollada por Digium que igualmente cumple con las funcionalidades de una PBX IP, con una serie de aplicaciones las cuales son actualizadas por los desarrolladores de la comunidad Asterisk, ya que es de código abierto.

2.6.2.7.3. Elastix

Es una solución de servidor de comunicaciones unificadas, es decir telefonía, fax, mensaje instantáneo (IM) y email se encuentran embebidos en ésta. Trabaja bajo software libre ya que se basa en Linux (CentOS), Asterisk, FreePBX, Hylafax (servidor de FAX), PostFIX (Servidor de correo) y OpenFire (Servidor de IM), además de otros paquetes de código abierto. En la figura 2 se muestra un esquema las soluciones que ofrece Elastix como servidor de comunicaciones unificadas.

Dentro de las funcionalidades de Elastix, se encuentra un módulo de Call Center el cual puede ser descargado directamente de la interfaz web de forma gratuita, así como también sistema de IVR, grabación de llamadas, sistema de Fax, Colas de atención de llamadas, consola de operador, consola de agentes, sala de conferencias virtuales, correo de voz entre otras muchas soluciones. (Palo Santo Solutions, 2012)

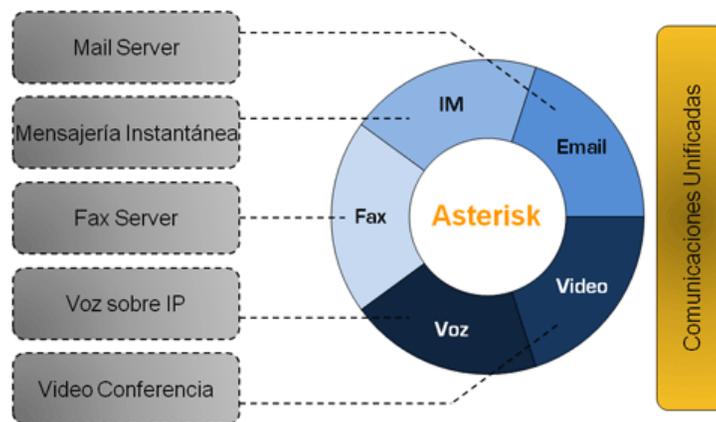


Figura 2. Elastix. Servidor de Comunicaciones Unificadas
Fuente: <http://www.elastix.org/>

2.6.3. Call Center

Es un centro de atención telefónica integrada con un conjunto tecnológico y administrativo que ofrece la posibilidad de gestionar determinados trámites permitiendo unificar la inteligencia y potencia de procesamiento de los sistemas informáticos y las facilidades de la conmutación de llamadas telefónicas, para suministrar información a los llamantes en un ambiente de intimidad personal. (Lam R, 2006)

Un Call Center es operado generalmente por una compañía o institución que requiera brindar algún tipo de servicio a una población en particular, mediante un

sistema automatizado que se vincule al desarrollo de nuevas tecnologías, y de esta manera establecer herramientas de comunicación gestionadas tanto por personas como otros recursos físicos y tecnológicos, basados en metodologías de trabajo y procesos adecuados para atender las necesidades y dar servicio al usuario.

Existen tres tipos clásicos de Call center, el primero es de tipo entrante (inbound) el cual únicamente recibirá llamadas de los usuarios que requieran un cierto servicio o soporte, generando así un sistema de colas de espera; el segundo es de tipo saliente (outbound) en el cual sólo se realizarán llamadas a usuarios, con el fin de implementar venta o cobranzas; y el tercero es una mezcla de los dos anteriores.

2.6.3.1. Infraestructura Telefónica

Para el establecimiento de un Call center es necesario utilizar componentes físicos tales como teléfonos, ya sean físicos o virtuales (Softphones), conmutadores, diademas o cintillos, que son elementos que cumplen la función de auriculares y micrófonos al mismo tiempo en caso de usar computadoras.

2.6.3.2. Infraestructura de datos

La plataforma de un Call center está formada por una infraestructura de datos entre la cual se encuentran el distribuidor automático de llamadas (ACD), la respuesta de voz interactiva (IVR), las bases de datos que almacenan la información de los usuarios, la interfaz de agente que permite el control y manejo de llamadas entrantes, y la integración computador-teléfono que permite la comunicación entre el sistema de teléfono y el sistema de la PC. De esta manera, ambos sistemas trabajan en forma conjunta.

2.6.3.3. ACD (*Automatic Call Distributor* –Distribuidor Automático de Llamadas)

Cuando ingresan las llamadas de los clientes, son enviadas al ACD, el cual actúa como un sistema de telefonía que dirige un gran volumen de llamadas entrantes a un grupo de agentes en espera.

Dicho mecanismo utiliza un sistema de colas en lugar de extensiones como el conmutador. La diferencia radica en que una cola, actúa como una sala de espera virtual para los usuarios, es decir este es el lugar donde se esperan hasta ser atendidos por un agente.

El ACD, tiene también otras funciones como anuncios de mensajes y música en espera.

2.6.3.4. IVR (*Interactive Voice Response*- Respuesta de Voz Interactiva)

Respuesta de Voz Interactiva, ó contestador automático. Tienen como finalidad ofrecer a la persona que llama una serie de opciones que puede elegir según sus necesidades. Esto consiste en dar una respuesta automática de manera rápida y eficiente para que el usuario obtenga la información que necesita, por eso es importante que la programación sea clara y no se extienda.

2.7. Modelos de tráfico

En un sistema telefónico de atención al usuario, por lo general, las tasas de llamadas entrantes y del servicio prestado no se conocen con exactitud, ya que tienen naturaleza aleatoria o probabilística. Es por ésta razón, que los tiempos de servicio y de espera así como la cantidad de llamadas, deben modelarse a través de distribuciones probabilísticas.

2.7.1. Proceso de Poisson y distribución exponencial

La tasa de llegada por unidad de tiempo de llamadas a un Call Center es aleatoria, no se puede considerar que las llamadas llegarán en orden una tras otra ya que cada una de ellas es independiente entre sí. Es por esto que la probabilidad de llegada de una llamada se modela mediante un proceso de Poisson, cuya distribución se define como:

$$P(\lambda, x) = \sum_{i=0}^x \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}$$

En la fórmula, λ representa el valor promedio de llamadas en una unidad de tiempo, y x es la variable aleatoria (discreta) que representa el número de resultados en un tiempo dado. (UAO, 2003)

Por su parte, el tiempo de duración de las llamadas (tiempo de atención) y el número de llamadas abandonadas, no es uniforme, por lo cual se puede representar también mediante un modelo probabilístico. Dicho modelo es la distribución exponencial, el cual es un modelo continuo y representa el tiempo que transcurre entre dos eventos sucesivos. Se caracteriza por no tener memoria es decir, existe la misma probabilidad de que el sistema falle independientemente del tiempo que lleve operando, esto se le conoce comúnmente como propiedad de falta de memoria. Su fórmula es la siguiente:

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & 0 \leq X \leq \infty \\ 0 & EOC \end{cases}$$

2.7.2. Modelos basados en teoría de colas

Un Call Center, por ser un centro de atención al usuario, recibe y transmite (dependiendo del tipo de Call Center que se requiera) un gran volumen de llamadas a

través de líneas telefónicas. Un Call Center entrante, se puede representar matemáticamente mediante un sistema de colas, y así poder determinar en qué horarios se produce mayor flujo de llamadas, analizar los tiempos de espera de los usuarios, saber la cantidad mínima de agentes que se requieren para la recepción de llamadas, entre otras opciones.

Los modelos de sistemas de colas consideran una o más fuentes (usuarios), que realizan peticiones de servicio (llamadas). Estas peticiones son atendidas por servidores (agentes) con el fin de satisfacer la demanda. En dichos modelos generalmente se considera que el número de peticiones desde las fuentes es bastante grande comparado con el número de servidores. Adicionalmente se cuenta con un número limitado de servidores. (Rocha R, 2009)

En teoría de colas, se utilizan tres distribuciones probabilísticas muy comunes, las cuales son: Markoviano, determinística y general.

Para clasificar los posibles tipos de sistemas de colas se deben especificar las características que determinan los elementos que lo componen. Así, Kendall introdujo en 1953 la notación *A/B/s/K/H/Z*.

A: Es la distribución del tiempo entre llegadas. Algunas de las abreviaturas usadas son: M (Exponencial), D (Determinística), U (uniforme), G (General), etc.; **B:** Es la distribución del tiempo de servicio. Se usan las mismas abreviaturas mencionadas en A; **s:** Es el número de servidores del sistema. Puede ser un número entero positivo ($s = 1, 2, \dots$) o bien $s = \infty$; **K:** Es la capacidad máxima o longitud de la cola puede ser un número entero mayor o igual que cero o bien $K = \infty$; **H:** Es el tamaño de la población potencial, puede ser cero ó infinito; **Z:** Disciplina de la cola, puede ser FIFO, LIFO, RSS, PR (disciplina con prioridades) ó GD (disciplina general). (Cao A, 2002)

2.7.3. Modelo Erlang C

Para modelar el tráfico de llamadas utilizando la fórmula de Erlang C, es necesario basarse en la teoría de las colas, para la cual se tiene un número infinito de fuentes de entrada (llamadas), que serán atendidas ó bloqueadas.

El modelo tradicional para el dimensionado de Call Centers es el M/M/N, siendo N la cantidad de agentes y considerando un número de líneas infinitas. Este modelo considera arribos y tiempos de servicio exponenciales de tasas λ y μ respectivamente. No se toman en cuenta las demás posibilidades presentadas como abandonos, bloqueos, reintentos, etc. (Capdehourat, 2006).

El modelo Erlang C, se usa para determinar la cantidad de agentes que necesitara un Call Center para luego saber la probabilidad de encontrarse en la cola.

Las consideraciones en el cálculo con el modelo Erlang C son:

- Considerar que las fuentes son infinitas
- El tipo de entrada es de Poisson
- Se tendrá retardo en las llamadas perdidas
- El tiempo de espera es exponencial
- Llamadas son servidas para su arribo. (Garduño Aguilar, 2007)

2.7.4. Métricas de un Call Center

Las métricas para un Call Center, permiten de manera objetiva medir la utilización efectiva de los recursos con el fin de atender una muy buena porción de las peticiones de los clientes. Existen métricas de servicio que se calculan con el número de llamadas, abandonos, duración etc. y otras métricas de calidad que miden el oportuno y correcto manejo de la información proporcionada al cliente.

Grado o nivel de servicio: Generalmente se denomina con las siglas SL por su nombre en inglés “Service Level” y es el principal indicador de desempeño, desde el punto de vista del cliente. El SL corresponde al porcentaje de llamadas que son atendidas antes de un cierto tiempo (Tiempo Medio Aceptable), el cual se elige según la calidad de servicio que se quiere brindar. (Capdehourat, 2006) La fórmula para calcularlo es la siguiente:

$$SL = \frac{N^{\circ} \text{ llamadas atendidas antes del TMA}}{N^{\circ} \text{ de llamadas atendidas}}$$

Tiempo de espera media (ASA): Es el tiempo promedio que espera un cliente en ser atendido. Se denomina en general como ASA por sus siglas en inglés *Average Speed of Answer*.

$$ASA = \frac{\text{Total de segundos en cola}}{\text{Total de llamadas contestadas}}$$

Porcentaje de abandonos: Es la fracción total de llamadas que ingresan a la cola de espera y fueron colgadas por el usuario antes de ser atendidas. Se calcula de la siguiente manera:

$$P(Ab) = \frac{N^{\circ} \text{ de abandonos}}{N^{\circ} \text{ de llamadas en cola}}$$

Porcentaje de ocupación de Agentes: corresponde a la fracción del tiempo total, de funcionamiento del Call center, en la que los agentes están operativos.

$$P(Oc) = \frac{\sum \text{Agentes. Tiempo atendiendo llamadas}}{\text{Tiempo total de trabajo del call center}}$$

2.8. Calidad de Servicio (QoS)

En la actualidad las redes poseen la capacidad de soportar diferentes tipos de aplicaciones tales como voz, vídeo y datos sobre una infraestructura común. La convergencia de estos tipos de aplicaciones conjuntas, representa un reto para el personal administrador encargado de ello.

Muchas aplicaciones de datos están basadas en protocolos orientados a conexión como TCP (cuando pierden un segmento otro es retransmitido), mientras que las aplicaciones de voz o vídeo tienen una tolerancia mínima hacia las pérdidas de datos. Debido a esto es necesario implementar mecanismos que prioricen determinados tipos de tráfico cuando exista congestión en la red. (Ernesto Ariganello, 2010)

Los fallos en la red afectan a todas las aplicaciones, mientras la red converge después de un fallo. Quienes más sufren el desperfecto son los usuarios que estén usando aplicaciones interactivas de voz o vídeo, pudiendo incluso perder la llamada.

Existen cuatro puntos importantes a tener en cuenta en redes convergentes: ancho de banda disponible, el retraso de extremo a extremo, el jitter o fluctuación en el retraso y la pérdida de paquetes.

2.8.1. Ancho de banda

La falta de ancho de banda hace que las aplicaciones se degraden debido al retraso y a la pérdida de paquetes. Esto es detectado de forma inmediata por los usuarios de aplicaciones de voz o vídeo. (Ernesto Ariganello, 2010)

Los posibles recursos para resolver los problemas de ancho de banda son: incrementar el ancho de banda lo cual es efectivo pero costoso, usar mecanismos de QoS de clasificación y marcado así como mecanismos de encolamiento apropiados y usar técnicas de compresión.

2.8.2. Retraso de extremo a extremo

Hay diferentes tipos de retraso de origen a destino. El retraso de extremo a extremo es la suma de estos cuatro tipos de retraso:

- Retraso de procesamiento, es el tiempo que un dispositivo de capa 3 tarda en mover un paquete desde la interfaz de entrada a la de salida. El tipo de CPU así como la arquitectura de hardware influye en esto.
- Retraso de encolamiento, es el tiempo que un paquete pasa en la cola de salida de una interfaz. Dependerá de lo ocupado que esté el router, del número de paquetes esperados, del tipo de cola y del ancho de banda de la interfaz.
- Retraso de señalización, es el tiempo empleado en situar en el medio físico todos los bits de una trama.
- Retraso de propagación, es el tiempo que se tarda en transmitir en el medio físico los bits correspondientes a una trama. Depende del tipo de medio físico.

2.8.3. Variación del retraso (Jitter)

Se produce cuando los paquetes llegan al destino a velocidades diferentes a las que se emitieron desde el origen. Para paquetes de VoIP o vídeo es esencial que la aplicación sea capaz de liberarlos en el destino a la misma velocidad y en el mismo orden que fueron emitidos en un principio. (Ernesto Ariganello, 2010)

Las posibles soluciones para ayudar a reducir el jitter son las siguientes: incrementar el ancho de banda, priorizar los paquetes sensitivos, usar técnicas de compresión de capa 2 , usar técnicas de compresión de cabeceras y buffers de compresión de tráfico/Jitter.

2.8.4. Pérdida de paquetes

Ocurre cuando un router no tiene más espacio libre en el buffer de memoria de la interfaz de salida para almacenar los nuevos paquetes que llegan, debiendo descartarlos. (Ernesto Ariganello, 2010)

Los métodos que se pueden utilizar para reducir o evitar la pérdida de paquetes son los siguientes: incrementar el ancho de banda, incrementar el tamaño del buffer, modificando los valores por defecto, proporcionar un ancho de banda garantizado utilizando herramientas de QoS tales como CBWFQ o LLQ y evitar la congestión.

2.8.5. Requerimientos para una implementación de QoS:

QoS se define como la habilidad de la red para proporcionar un mejor o especial servicio a un conjunto de usuarios o aplicaciones. (Ernesto Ariganello, 2010).

Para implementar QoS hay que llevar a cabo tres pasos: Identificar tipos de tráfico y requerimientos, clasificar el tipo de tráfico, definición de políticas para cada clase.

2.8.5.1. Identificar tipos de tráficos y sus requerimientos

Es el punto de partida en cualquier implementación de QoS y requiere los siguientes pasos: auditoria de la red, determinar la importancia de cada aplicación y definir niveles de servicio para cada clase de tráfico.

2.8.5.2. Clasificación del tráfico

Las clases definidas han de ir de acuerdo a las necesidades y objetivos de negocio. Entre las clases más comunes en cualquier red empresarial se tienen: clase de VoIP (corresponde al tráfico de VoIP), clase de aplicaciones de misión crítica, clase de tráfico de señalización, clase de tráfico de aplicaciones de transacción, clase Best-effort, clase sin importancia.

2.8.5.3. Definición de políticas para cada clase

La definición de políticas consiste en realizar las siguientes acciones: especificar un ancho de banda máximo, especificar un ancho de banda mínimo garantizado, asignar niveles de prioridad y usar herramientas que sean adecuadas para la congestión.

2.8.6. Estándar 802.1q

La especificación IEEE 802.1q define un método para el etiquetado de la trama Ethernet, lo que determina una arquitectura para LAN con puentes virtuales, los servicios proporcionados en la VLAN, y los protocolos y algoritmos que participen en la oferta de estos servicios. (Lema, 2005)

En la figura 3, se muestra la representación de una trama ethernet en donde se aplica este estandar, es importante destacar que 802.1q no encapsula la trama original sino que añade 4 bytes al encabezado Ethernet original.

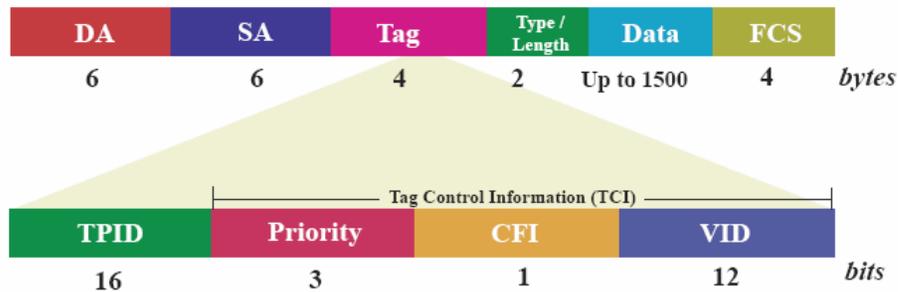


Figura 3. Trama Ethernet con estándar 802.1q
Fuente: (Javvin Company)

2.8.7. Estándar 802.1p

Especificación IEEE 802.1p permite a los switches de capa 2 priorizar el tráfico y realizar dinámicas de filtrado de multidifusión. La especificación de las prioridades trabaja en la capa de acceso. (Hanon, 2005) La cabecera del 802.1p incluye un campo de tres bits para el establecimiento de prioridades, lo que permite la agrupación de paquetes en clases de tráfico. También se puede definir como calidad de servicio de mejor esfuerzo (Quality of Service) o CoS (Class of Service) en la capa 2 y se implementa en los adaptadores y conmutadores de red sin la participación de cualquier configuración de reserva. El tráfico de 802.1p es simplemente clasificado y enviado a su destino, sin reservas de ancho de banda. (Hanon, 2005)

2.8.8. Modelos de QoS

Existen tres modelos para aplicar calidad de servicio los cuales son: Best-Effort, Modelo de servicios integrados (IntServ), y Modelo de servicios diferenciados (DiffServ).

2.8.8.1. Modelo de servicios diferenciados (DiffServ)

Es el modelo más actual de los tres y ha sido desarrollado para suplir las deficiencias de sus predecesores. Emplea el comportamiento de reenvío asignado a un DSCP se denomina PHB (*Per-hop Behavior*). El PHB define la precedencia de reenvío que un paquete marcado en relación con otro tráfico del sistema con Diffserv (Ernesto Ariganello, 2010)

Campo DS: es una redefinición en la que se unifican los campos TOS de Ipv4 y Traffic Class de Ipv6. Los seis primeros bits del campo se denominan DA codepoint (DSCP); además existen dos bits no utilizados en DS, denominados CU(currently unused), para implementaciones futuras. En la figura 4 se puede observar la ubicación de estos campos en las cabeceras de los paquetes de IP y la asignación de los bits de los mismos.

	1 byte	1 byte	1 byte	1 byte
Vers.	IHL	TOS	Total Length	
Identification			Flags	FO
TTL	Protocol		Header Checksum	
Source IPv4 address (4 bytes)				
Destination IPv4 address (4 bytes)				
Options		Padding		

Figura 4. Campo TOS dentro de la cabecera Ipv4.
Fuente: Torres, J (2006).

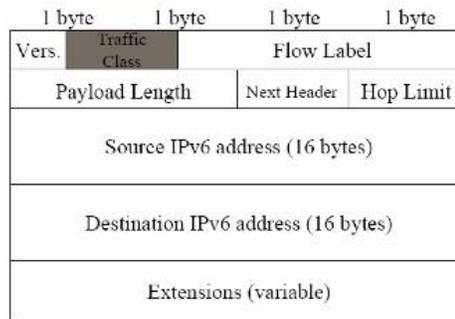


Figura 5. Campo TOS dentro de la cabecera IPv6.

Fuente: Torres, J (2006).

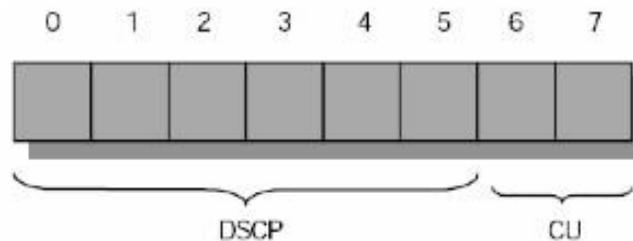


Figura 6. Utilización de los bits del campo DS.

Fuente: Torres, J (2006).

2.8.8.1.1. Tipos de PHB (Per-Hop Behavior) en Diff

- Selector de Clase PHB, poniendo a 000 los 3 bits menos significativos del DSCP se obtiene compatibilidad con IP Precedence.
- PHB por defecto, con los 3 bits más significativos del IP Precedence Precedence/DSCP se obtiene un resultado de Best-effort.
- PHB Assured Forwarding (AF), con los 3 bits mas significativos del DSCP puesto a 001, 010, 011 0 100 (AF1, AF2, AF3, AF4) se usa para garantizar un ancho de banda.

- PHB Expedite Forwarding (EF), con los 3 bits más significativos del DSCP puestos en 101 (el campo DSCP sería 101110 equivalente a 46 en decimal) se usa para proporcionar un servicio de bajo retardo.

2.8.9. Congestión y Colas

La congestión ocurre cuando el ritmo con el que llegan los paquetes al router es mayor que el ritmo con el que salen. Esto puede ser causado principalmente cuando la o las interfaces de salida tiene menos capacidad o son más lentas que la interfaz de entrada. (Ernesto Ariganello, 2010)

Los dispositivos de red pueden reaccionar de diferentes maneras ante una congestión. Para situaciones en que la congestión sea permanente habría que pensar en un crecimiento del ancho de banda, pero en situaciones en donde la congestión es temporal es posible implementar diferentes técnicas de encolamiento, que se pueden elegir dependiendo del objetivo que se busque. Si una cola está llena y le llegan nuevos paquetes, se produce un fenómeno conocido como *tail drop*. Dicho fenómeno hace que mientras la cola esté llena los paquetes entrantes sean descartados a medida que llegan. (Ernesto Ariganello, 2010).

Los métodos de encolamiento más comunes son: FIFO (First In First Out), PQ(Priority Queuing), RR (Round Robin), WRR (Weighted Round Robin), WFQ (Weighted Fair Queuing), CBWFG (Class Based Weighted Fair Queuing), LLQ (Low Latency Queuing).

2.8.9.1. CBWFG (Class Based Weighted Fair Queuing – Clase Basada en Ponderación Equitativa de Colas)

Permite la definición manual de clases, en cada una de las cuales es asignada a su propia cola. Dichas clases se definen mediante el uso de *class maps* (Mapa de Clases). Cada una de las colas tiene definido un ancho de banda que puede utilizar, pero como su propio nombre lo indica es un mínimo, en caso de haber más ancho de banda libre podría emplearlo. (Ernesto Ariganello, 2010)

2.8.9.2. LLQ (Low Latency Queuing- Encolamiento de Baja Latencia)

Cuenta con una cola de prioridad estricta que es usada para aplicaciones en tiempo real que son sensitivas al retraso y al jitter. Pero a diferencia de *QC* por ejemplo, en LLQ esta cola está limitada, impidiendo así que anule a las demás. Para lograr un mecanismo, se le asigna un ancho de banda a la cola, pero limitando el uso. En caso de que haya congestión LLQ solo y será el ancho de banda que se le ha asignado, permitiendo así que las demás colas también puedan enviar. (Ernesto Ariganello, 2010).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico de la presente investigación donde se propone un Diseño de un Sistema de Atención Telefónica al Usuario (Call Center) en el Servicio Bolivariano Inteligencia Nacional, basado en Software Libre y Tecnología de transmisión de Voz sobre IP, se describen un conjunto de métodos, técnicas e instrumentos que se emplearán en la recolección de los datos, así como la presentación y análisis de los mismos, con la finalidad de cumplir con el propósito general de la investigación planteada.

3.1. Tipo de Investigación

Para el presente estudio, se aplicará la investigación de campo. En tal sentido Arias (2006) expresa:

La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no documental (p.31).

Asimismo, el presente estudio está orientado a la modalidad de proyecto factible, según la Universidad de Pedagógica Experimental Libertador (UPEL, 2005), la conceptualiza como:

El Proyecto Factible consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnología, métodos o procesos. El proyecto debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades (p.13).

Para el desarrollo de la investigación ello se cumplirá los siguientes momentos metodológicos:

- Diagnóstico de necesidades, en la que se realizara el levantamiento de la información en la Oficina de Sistemas y Tecnologías de Información del SEBIN.

- Diseño del Call Center.

Según el nivel de profundidad de la investigación, es descriptiva, porque se describirá la situación actual del sistema de atención telefónica para el SEBIN.

Esta investigación será transaccional debido a que se describen las variables y se analiza su incidencia en la problemática en estudio en un instante en el tiempo, para establecer su interrelación y luego diseñar el sistema de atención telefónica, ello debido, a que el análisis que se realiza es preciso, debido a la especialidad temporal con la que se maneja y se realiza, ignorando cualquier modificación que pueda producirse en razón del tiempo transcurrido y por circunstancias externas que pueden influir sobre el fenómeno en cuestión.

El presente trabajo de grado se apoyó en la investigación documental que proporciono los datos secundarios que conformarán el marco teórico o referencial.

3.2. Diseño de Investigación

Para el estudio a realizar, el cual está referido a diseñar un Sistema de Atención Telefónica al Usuario (Call Center) en el Servicio Bolivariano Inteligencia Nacional, basado en Software Libre y Tecnología de transmisión de Voz sobre IP, se aplicará un diseño de campo, no experimental, debido a que los datos fueron tomados directamente en la empresa en estudio.

Para Hernández, Fernández y Baptista. (2004), los estudios de campo “permiten indagar in situ los efectos de la interrelación entre diferentes tipos de variables” (p.198). Se le llama también investigación sobre el terreno ya que estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. Tomando en cuenta la naturaleza y características del estudio puede considerarse que este trabajo de investigación tiene carácter no experimental por cuanto se pretende observar y estudiar las características del Sistema de Atención al Usuario (Call Center), sin manipular variable alguna, solamente caracterizando el comportamiento del fenómeno en la realidad observada.

3.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

En función de los objetivos de la investigación, se emplearon las siguientes técnicas e instrumentos de recolección de datos para alcanzar los objetivos propuestos:

-En lo que se refiere a la técnica e instrumento para la recolección de la información, en la población se utilizará la entrevista no estructurada que según Arias (2006) es

aquella “en la que se trabaja con preguntas abiertas, sin un orden preestablecido, adquiriendo características de conversación”(p.38). Esta técnica consiste en realizar preguntas de acuerdo a las respuestas que vayan surgiendo

durante la entrevista, la cual permitirá obtener información sobre el problema de estudio, en el levantamiento de la información.

-Se utilizó la observación para el levantamiento de información de los requerimientos técnicos de la infraestructura de telecomunicaciones actual del Servicio Bolivariano de Inteligencia Nacional (SEBIN).

Técnicas Documentales: Dentro de estas técnicas cabe señalar que en primer lugar se hizo una observación documental de la bibliografía de interés para la investigación objeto de estudio; posteriormente se hizo una síntesis y final

mente un resumen analítico y un análisis crítico que permitieron el desarrollo del planteamiento del problema y del marco teórico de la investigación.

3.4. Sistema de Variables

El paso siguiente a la formulación del problema consiste en definir y clasificar los contenidos del estudio. Morales (2001), define el sistema de variables como “los conceptos cuantificables y no relacionales de una proposición científica” (p.12).

Cabe destacar que las variables representan elementos que pueden ser evaluados, analizados o medidos, por los que pueden ser de dos tipos: cuantitativas y cualitativas.

A continuación, se muestra la tabla 2, en el cual se desarrolla el sistema de variable según el nivel conceptual.

Tabla 2. Identificación y Definición de las Variables

OBJETIVO	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO
Realizar el levantamiento de información de los requerimientos técnicos de la Infraestructura de Telecomunicaciones actual del Servicio Bolivariano de Inteligencia Nacional (SEBIN)	Levantamiento de información de los requerimientos técnicos de la Infraestructura de Telecomunicaciones actual del SEBIN)	Es el conocimiento de los requerimientos técnicos para el desarrollo del sistema de atención al usuario.	Tecnológica	Equipos Especificaciones técnicas	Observación Entrevista
Evaluar la información de los requerimientos técnicos para realizar la Ingeniería de detalle de la arquitectura de Hardware y Software para el Call Center a diseñar.	Información de los requerimientos técnicos para realizar la Ingeniería de detalle de la arquitectura de Hardware y Software para el Call Center a diseñar.	Es el análisis de las especificaciones técnicas que permitan la arquitectura de Hardware y Software para el Call Center a diseñar.	Tecnológica	Requerimientos Técnicos	Entrevista
Diseñar el Sistema de Atención al Usuario (Call Center) basado en software libre y transmisión de VoIP.	Sistema de Atención al Usuario (Call Center) basado en software libre y transmisión de VoIP.	Es el diseño del call center para el SEBIN	Tecnológica	Sistema de Atención al Usuario	Objetivos Actividades Estrategias
-Implementar un sistema de atención al usuario (Call Center) piloto basado en software libre y transmisión de VoIP en la sede principal del Servicio Bolivariano de Inteligencia Nacional (SEBIN) ubicado en Caracas	Sistema de atención al usuario (Call Center) piloto basado en software libre y transmisión de VoIP en la sede principal del SEBIN ubicado en Caracas	Es la implantación del sistema diseñado en la sede de Caracas del SEBIN	Tecnológica	Documentación Capacitación	

3.5. Procedimiento de la investigación

A continuación se describen las fases que se desarrollaran en este trabajo de investigación.

- **Fase I:** Levantamiento de información

Esta fase consistió en la investigación y recolección de la información correspondiente a la situación actual a nivel tecnológico presente en el SEBIN así como también de la problemática existente en el sistema vigente, y así obtener los fundamentos necesarios para desarrollar un sistema que se adaptara a la infraestructura existente y solventara la problemática existente en la misma.

- **Fase II:** Análisis y evaluación

En este punto se realizó el análisis de la información obtenida en la fase I, para evaluar posibles soluciones mediante análisis comparativos, y matrices de selección, y así optar por la escogencia de la solución más eficiente de modo que se pueda cubrir cada una de las necesidades expresadas por la institución.

- **Fase III:** Ingeniería de detalle

La tercera fase, correspondió a la descripción detallada de cada una de las características tanto de hardware como de software de la solución.

- **Fase IV:** Diseño de la solución

La cuarta fase, correspondió al diseño final de la solución agrupando todos los elementos que fueron estudiados, analizados y descritos en fases anteriores

- **Fase V:** Implementación

La quinta fase, coincidió con la puesta en marcha de una solución piloto, aplicando los métodos y medidas necesarias para llevar a cabo el diseño planteado

CAPITULO IV

DESARROLLO

El siguiente capítulo contiene la información correspondiente al desarrollo del diseño del sistema de atención al usuario (Call Center) basado en software libre y tecnología de voz sobre IP en el SEBIN y todos los mecanismos necesarios para su funcionamiento. En tal sentido se describirá todo lo relacionado con el levantamiento de información, situación actual de la empresa, propuesta para solventar todas las fallas y cumplir con los requerimientos de dicha institución y la ingeniería de detalle correspondiente al diseño del proyecto.

4.1 Descripción de la arquitectura y funcionamiento de red de VoIP

Como punto inicial para el desarrollo del proyecto, se realizó un detallado levantamiento de información correspondiente a la situación actual que presenta la sede principal del SEBIN, incluyendo todo el equipamiento e infraestructura de red que posee, lo cual servirá como base para el posterior diseño del proyecto.

El Servicio Bolivariano de Inteligencia Nacional (SEBIN) cuenta con un sistema de comunicación que consta de una red de área local desplegada a lo largo de toda la infraestructura, permitiendo hacer uso de la tecnología de voz sobre IP para su interconexión.

4.1.1 Equipos que conforman la arquitectura de red

En el siguiente apartado, en la tabla 3 se describen los equipos con los que cuenta la institución, los cuales hacen posible la comunicación de la sede, y los que serían necesarios para conformar el sistema de comunicación de voz sobre IP.

Equipo	Cantidad	INPUT AC
S8512	2	100~240VAC auto-ranging (50~60Hz) Output 1200W:100~120VAC; Output 2000W:200~240VAC ;
S6506R	12	110-120V/220-240V AC.; 50-60Hz; 9.0A/5.0A
External rack PoE Power + modulo	12	220V-2500W, 110V-1250W
S6502	2	110-120V/220-240V AC.; 50-60Hz; 9.0A/5.0A
S5600	1	100V to 240V, 50 Hz to 60Hz, 600 W
Eudemon 500	2	85V ~ 264V (50/60Hz), Maximum power 105W
SoftCo 9500	1	100~240V AC; 50~60 Hz, Maximum power 150W
UMS server	1	
CTI Server	1	
Billing Server	1	
NMS Server	1	
Imanager N2000 DMS	1	100~240V AC; 50~60 Hz, 2*930W(1+1)
MCU 8630	1	nput voltage AC 100V~240V Electrical Frequency 50Hz±10% Power 60W
server X346	2	Input voltage, 100 - 240 V. Input frequency, 50 - 60 Hz. Capacity, 56 W

Tabla 3. Listado de equipos del SEBIN.
Fuente: OSTI (SEBIN)

Los equipos que conforman la arquitectura de red de la institución se encuentran distribuidos en cuartos de comunicaciones presentes en cada piso del edificio. Estos cuartos cumplen con ciertos patrones de distribución, a excepción del cuarto de comunicaciones ubicado en el piso 4, ya que es aquí donde funciona la Oficina de Sistemas de Tecnología de Información y requiere de ciertos equipos

adicionales por ser el centro de control de la red. En la tabla 4 se especifican los equipos presentes en cada piso.

Ubicacion Racks	Equipos
Rack Planta Baja	1 S6506R y 1 External rack PoE Power + modulo
Rack Piso 1	1 S6506R y 1 External rack PoE Power + modulo
Rack Piso 3	1 S6506R y 1 External rack PoE Power + modulo
Rack A - Piso 4	ODF (Pasivo)
Rack B - Piso 4	1 Eudemon 500 y 1 S8512
Rack C - Piso 4	1 Eudemon 500 y 1 S8512
Rack D - Piso 4	1 MCU 8630 y 2 server X346
Rack E - Piso 4	2 S6506 y 1 , Imanager N2000 DMS
Rack F - Piso 4	1 S5600
Rack G – Piso 4	SoftCo 9500, 4 servers
Rack H – Piso 4	
Rack I- Piso 4	1 S6506R y 1 External rack PoE Power + modulo
Rack Piso 5	1 S6506R y 1 External rack PoE Power + modulo
Rack Piso 6	1 S6506R y 1 External rack PoE Power + modulo
Rack Piso 7	1 S6506R y 1 External rack PoE Power + modulo
Rack Piso 8	1 S6506R y 1 External rack PoE Power + modulo
Rack Piso 9	1 S6506R y 1 External rack PoE Power + modulo
Rack Piso 10	1 S6506R y 1 External rack PoE Power + modulo
Rack Piso 11	1 S6506R y 1 External rack PoE Power + modulo
Rack Piso 12	1 S6506R y 1 External rack PoE Power + modulo

Tabla 4. Distribución de equipos por piso en el SEBIN.

Fuente: OSTI (SEBIN)

El sistema actual de voz sobre IP con el cual cuenta la institución, hace uso de una central telefónica IP PBX marca Huawei, en la siguiente tabla se describen las características y especificaciones más resaltantes de la misma.

Nombre del equipo	IP PBX 
Fabricante	Huawei
Modelo	SoftCO 9500
Capacidad máxima	32 E1
Voltaje de entrada y frecuencia	110-240V AC; 50~60 Hz
Ancho de banda IP	100 Mbps
Potencia máxima	250W
Tipos de ranuras	<ul style="list-style-type: none"> - Control(2) - Servicios(8)
Codificación	<ul style="list-style-type: none"> -G. 711 -G. 729 -G. 723
Señalización	PRI/R2/SS7
Protocolo VoIP	<ul style="list-style-type: none"> -H.323 -SIP -MGCP/H.248.
Puertos Analógicos	8 AT0
Puertos Digitales	4 E1
Capacidad	20000 Líneas
Tecnologías	<ul style="list-style-type: none"> VoIP FoIP

Tabla 5. Especificaciones de la Central Telefónica
Fuente: OSTI (SEBIN)

Actualmente la institución cuenta con dos modelos de teléfonos IP que representan los *end points* (puntos finales) del sistema de comunicación de voz sobre IP que posee la misma. Dichos teléfonos se encuentran distribuidos en oficinas, cubículos, módulos de recepción, laboratorios, salas de conferencia, sótanos y demás lugares en los cuales sea necesario.

La asignación de alguno de estos modelos, depende del área de trabajo. El primer modelo ET522 está destinado a los puestos de importancia como directores y coordinadores por tener prioridad de conexión y funcionalidades adicionales (como conferencia de llamadas); El segundo modelo ET322, está asignado al resto del personal. Las especificaciones de cada uno se muestran en la tabla 6.

Equipos		
	ET522	ET322
Características	EchoLife ET322 IP/ET522 IP	
Compatibilidad	SIP2.0, TCP/IP/UDP, RTP/RTCP/SRTP, HTTP/HTTPS, ARP/RARP, ICMP, DNS, DHCP, TFTP, NTP	
Codificación de Audio	G.711 a-law/ μ -law, G.729A y G.723.1	
PoE(Power over Ethernet)	IEEE 802.3af	
Puertos de Conexión	2 puertos 10/100M LAN	
Líneas	1 Línea (ET322)/ 4 Líneas (ET523)	

Tabla 6. Especificaciones técnicas de los teléfonos presentes en el SEBIN
Fuente: OSTI (SEBIN)

4.1.2 Distribución y descripción de la red interna

La red interna del edificio, presenta una topología híbrida entre una red anillo y *full mesh* (red de malla completa). El *full mesh* es una topología de red en la que todos los equipos se conectan a todos los demás, tiene la capacidad de dar prioridad y mayor robustez a la parte de red donde se desarrollaría el grueso de las videoconferencias, operaciones críticas, seguimiento y monitoreo. Por su parte, la

topología de red tipo anillo, permite obtener un balance de carga, redundancia y altas velocidades por lo cual está implementada para la zona donde están los usuarios y servicios que no consumen datos masivamente.

Este diseño, por supuesto hace la solución altamente efectiva en costos y rendimiento, proporcionando calidad y confiabilidad en los enlaces, y la aplicación de políticas de calidad de servicio garantizarían que todas las operaciones de la red se realicen de manera rápida y eficiente.

Además la red se encuentra segmentada en redes virtuales (VLANs) con el identificador Vlan 1, Vlan 2 y Vlan3, las cuales corresponden al tráfico de voz, dato y video respectivamente. En la figura 7 se muestra de manera simbólica la estructura de la topología presente en el edificio.

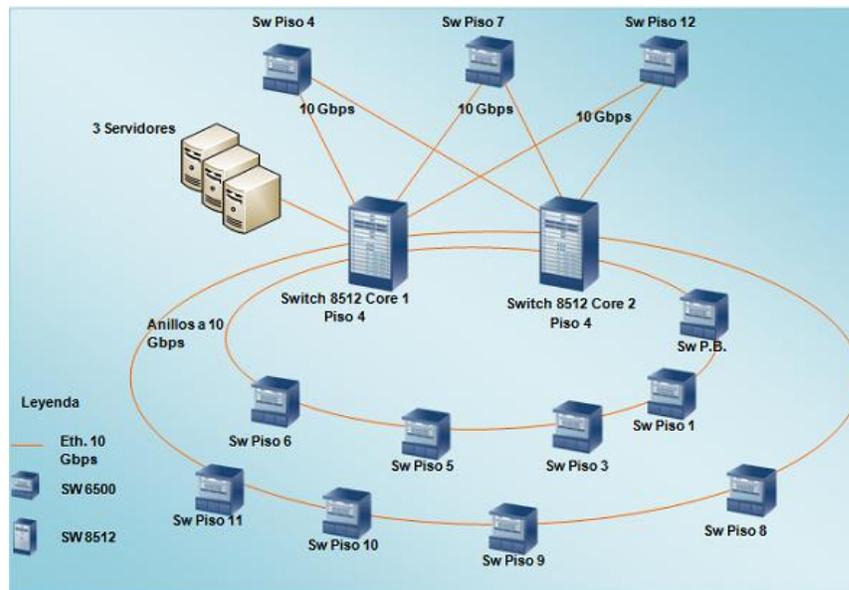


Figura 7. Topología de red SEBIN
Fuente: OSTI (SEBIN)

4.1.2.1 Estructura del cableado del edificio

- Sistema de bandejas pasa cables con posibilidad de servicios de voz, datos y video conferencia
- La canalización de cableado a nivel de puestos de trabajo está implementado a través de los canales pasa cables del mobiliario.
- La capacidad instalada a nivel de Switch de acceso permitirá manejar velocidades de hasta 10 GBase-T en el BackBone y 1GBase-T en los puertos de acceso
- El equipamiento es compatible con la central IP Huawei y con los equipos de video conferencia Huawei.
- Los racks utilizados son de 19” para la instalación de Patch Panel UTP, Patch Panel F.O y Switch en cuartos de telecomunicaciones de los pisos.
- Se usan Transceivers de F.O para cableado vertical.
- Patch Panel para conexión de cableado horizontal
- Patch Panel de F.O. para conexión de cableado vertical
- Cableado UTP-Cat6 bajo el estándar EIA/TIA 568-B hasta los puestos de trabajo. Incluye Coupler, Face Plate y Patch Cord en ambos extremos
- Cada puesto de trabajo tiene dos puntos de Red Cat6, uno asignado a datos y el otro a voz, separando cada sistema con cables UTP de diferentes colores. Cada puesto de trabajo está equipado con un Patch Cord de 6 pies y un teléfono IP.
- El sistema actualmente posee ochocientos (800) teléfonos configurados, y trescientos cincuenta (350) en uso.

4.1.2.2 Estructura del tendido de Fibra óptica

La fibra utilizada a nivel de cableado vertical es de tipo monomodo, 1310nm. 2 mm. El tipo de conector a utilizar es el tipo SC. Los puntos de F.O se distribuyen

en todo el edificio utilizando como origen el ODF principal (*Optical Distributor Fiber*- Distribuidor de fibra óptica), que está ubicado en el rack A (de la sala de Racks del piso 4) hasta los racks de distribución de cableado horizontal en cada uno de los pisos donde debe ser ubicado un patch panel de fibra óptica.

En la tabla 7 se muestran las especificaciones de conexión por cada piso del backbone de fibra óptica.

Enlace	Origen	Destino
1	PB	P1
2	PB	P4
3	P1	P3
4	P3	P5
5	P5	P6
6	P6	P4
7	P8	P4
8	P9	P8
9	P10	P9
10	P11	P10
11	P11	P4
12,13)	P7	P4 (x2)
13,14)	P12	P4 (x2)
15,16)	ODF, Rack A (Sala de Rack)	Sala de Servidores (x2)

Tabla 7. Distribución por piso de la estructura de conexión de fibra óptica
Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Descripción actual del funcionamiento de la red de VoIP

El Servicio Bolivariano de inteligencia Nacional (SEBIN), cuenta con una sede en el área metropolitana y bases en los diferentes estados del país. En la actualidad, el SEBIN sólo dispone de una topología de red VoIP en la sede principal ubicada en Caracas (sede Plaza Venezuela). En tal sentido, actualmente no existe una red WAN autónoma que permita la interconexión de las sedes a nivel nacional, por lo cual la manera de comunicarse entre sí es a través de la PSTN mediante llamadas nacionales, siendo este un sistema vulnerable que no cuenta con la tecnología necesaria que requiere la institución hoy en día.

La infraestructura de la red (correspondiente al servicio de voz y datos) de la que dispone actualmente la sede principal, cuenta con los lineamientos requeridos para un buen funcionamiento, ya que está garantizada para la comunicación.

En cuanto a la tecnología de comunicación de datos, en su mayoría, el fabricante Huawei suministró los equipos necesarios para su implementación. Dichos equipos, poseen una configuración pre-establecida, tomando en cuenta los requerimientos y necesidades de la institución a la cual estaba destinada la sede en un principio (actualmente ocupada por el Servicio Bolivariano de Inteligencia Nacional - SEBIN). Ésta configuración no se adapta a los requerimientos de la institución actual, y presenta una serie de fallas que se especifican a continuación:

- Configuración inadecuada del módulo IP PBX; El SEBIN no dispone de suficiente información técnica del sistema por lo cual su soporte es muy limitado, y la configuración con la cual se trabaja actualmente, corresponde a la establecida en un principio por el fabricante, no permitiendo realizar ningún tipo de adaptación debido a la falta de conocimiento por parte del personal encargado de ésta área.
- Presencia de interferencia en la comunicación, ya que existe una mezcla entre los canales destinados a llamadas entrantes y salientes.
- Aprovechamiento limitado de recursos; el sistema trabaja a un 25% de operatividad, ya que se cuenta con cuatro módulos de E1 y sólo uno de ellos está en funcionamiento ya que los demás están deshabilitados. El módulo de comunicación que está operativo, presenta una falla a nivel de configuración la cual consiste en lo siguiente:

El módulo E1 que se está utilizando, tiene una capacidad de 15 canales salientes y 15 entrantes y su funcionamiento actual no es el que se desea, ya que luego de utilizar los 15 canales salientes debe retornar al canal numero 1 de los

salientes, pero pasa al primer canal de entrada quedando desconectado por 15 intentos de salidas hasta retornar al primer canal (Márquez, 2011). En la figura 8 se muestra de manera gráfica la problemática existente actualmente.

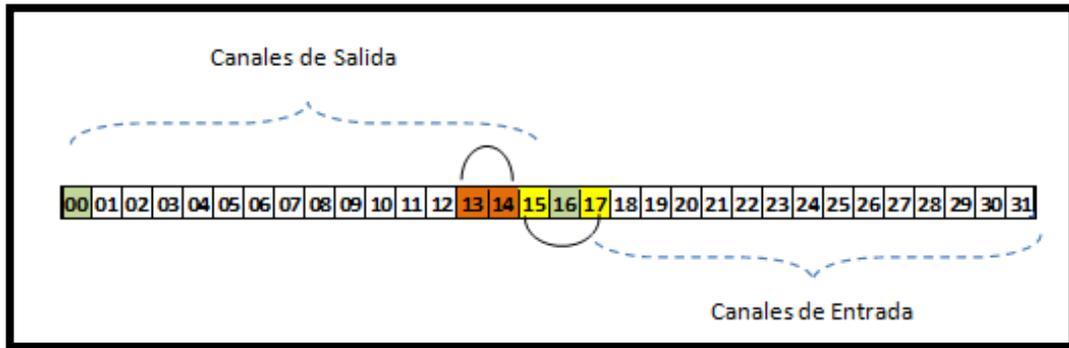


Figura 8. Representación de la falla en el módulo E1.
Fuente: Elaboración Propia

En el ejemplo, luego de utilizar el canal 13 se pasa al 14, el canal 15 está prevenido para su uso. Hasta ese instante el E1 está funcionando de manera correcta. Posteriormente el canal prevenido para asignación de línea es el canal 17, siendo este un canal de entrada de llamadas, es así como pasa a modo incorrecto ya que debería utilizar el primer canal de salida (01) y no el 17 de entrada.

En el caso de solventarse la falla del módulo utilizado, sería posible la habilitación y uso de los tres módulos restantes, y de ésta manera tener un 100% de operatividad en el sistema de llamadas. En la figura 9 se muestra un ejemplo del correcto funcionamiento de un módulo E1.

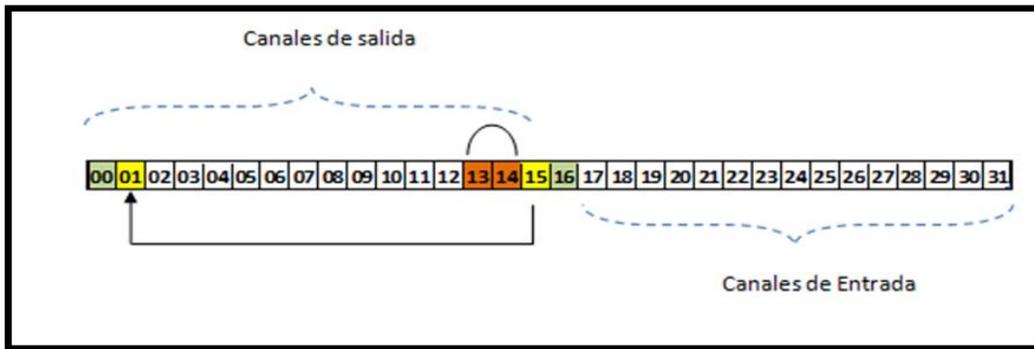


Figura 9. Representación de funcionamiento correcto de un módulo E1.
Fuente: Elaboración Propia

4.1.3.1. Requerimientos del nuevo sistema

Debido a la situación y problemática planteada en el punto anterior, se requiere de un diseño que se adapte a las necesidades de la institución, las cuales se mencionan a continuación:

Proporcionar un sistema de comunicación telefónica integrado e interconectado el cual:

- Utilice protocolos abiertos y basados en estándares, preferiblemente no sujeto a costos por licencia.
- Permita un grado de control elevado al personal técnico de la organización.
- Tenga la posibilidad de escalar de forma sencilla, en múltiples servidores (clustering) ante necesidades de alta disponibilidad, capacidad etc.
- Tenga la capacidad de manejar eficientemente (4) módulos de E1 lo que implicaría un flujo de 120 llamadas concurrentes (60 llamadas entrantes y 60 llamadas salientes) este requerimiento es específicamente para la sede principal.

La institución, aparte de los requerimientos mencionados, actualmente requiere diseñar un sistema de atención al usuario (Call Center), el cual tendrá como

función gestionar solicitudes provenientes de las distintas sedes, bien sea para brindar soporte, realizar reportes y atención en línea. Este sistema se implantará sólo en la sede principal ubicada en Caracas, en la Oficina de Servicios de Tecnología de Información (OSTI) la cual estará conectada con las bases a nivel nacional mediante una red interna autónoma.

El SEBIN por no contar con un sistema de interconexión entre sedes adecuado, requiere también del diseño de un sistema que le permita la comunicación de forma directa mediante una red interna sin necesidad de realizar llamadas a través de terceros, y de ésta manera tener mayor control y seguridad en sus procesos, así como también reducir los costos de llamadas salientes que se generan actualmente.

Se requiere una reingeniería de la arquitectura de red para el nuevo sistema de interconexión, integrando las sedes más importantes del SEBIN presentes en el interior del país, aprovechando los puntos fuertes de la infraestructura actual, y al mismo tiempo, completar nuevos escenarios de fallos, contingencias y características especiales.

4.2. Dimensionamiento de la red

Para la elaboración del diseño correspondiente, es necesario llevar a cabo el dimensionamiento de la red, el cual se realiza en función de la infraestructura disponible y las necesidades de la empresa, definiéndose así el equipamiento necesario, cantidad de llamadas, protocolos, software de aplicación, cableado, y demás parámetros que garanticen el óptimo funcionamiento de dicha red a la hora de ser implementada.

Uno de los factores principales para dimensionar una red, es el número de llamadas concurrentes que se tienen en cada sede ya que, esto permite realizar la

elección del CÓDEC necesario para cada enlace y de ésta forma calcular el ancho de banda requerido, lo cual permitirá que el sistema de comunicación de voz sobre IP no falle cuando la red está en su punto más crítico.

En el caso de la sede principal del SEBIN, se desea habilitar cuatro módulos E1 lo que representa un flujo máximo de llamadas correspondiente a 120 (60 llamadas entrantes- 60 llamadas salientes). En cuanto a las distintas bases ubicadas a nivel nacional, se implementará un módulo E1 por cada base (dependiendo del flujo de llamadas), lo que representa un flujo máximo de llamadas correspondiente a 30 (15 llamadas entrantes-15 llamadas salientes).

En base al número de llamadas concurrentes, se establecen los elementos que conformarían la estructura del sistema de comunicación de voz sobre IP.

4.2.1. Elementos de diseño

4.2.1.1. Software:

Para la escogencia del software a utilizar, se tomaron en cuenta ciertos parámetros de importancia para la institución que resultaban claves para obtener un máximo rendimiento. La fiabilidad, robustez y la funcionalidad que presente el sistema son primordiales para la selección. Otro parámetro importante es la relación costo-beneficio, ya que se busca siempre el menor costo y mayor calidad; y la tercera, pero no menos importante, es la búsqueda de una tecnología que pueda ser manipulada directamente y que se le pueda dar el soporte necesario con el personal del que se dispone, esto en un principio se logra estableciendo tecnologías de licencias abiertas (Software libre), las cuales como su nombre lo indica, son tecnologías de código abierto las cuales pueden ser manipuladas fácilmente e igualmente se les puede brindar soporte sin depender de un proveedor en particular.

La utilización de software libre también viene ligada al decreto N° 3390 el cual establece lo siguiente:

“La Administración Pública Nacional empleará prioritariamente Software Libre desarrollado con Estándares Abiertos, en sus sistemas, proyectos y servicios informáticos. A tales fines, todos los órganos y entes de la Administración Pública Nacional iniciarán los procesos de migración gradual y progresiva de éstos hacia el Software Libre desarrollado con Estándares Abiertos”

Por ser el SEBIN una institución gubernamental, debe estar sujeta a dichos cambios.

4.2.1.2. Software de Sistema Operativo:

El sistema operativo que se instalará en el servidor será UNIX/LINUX, ya que no requiere de licencia para su instalación y es de código abierto. Adicionalmente, cuenta con una gran variedad de distribuciones para elegir según las aplicaciones que se deseen implementar.

4.2.1.3. Software de central IP PBX

Debido a que el diseño está basado en software libre, es necesaria la elección de una plataforma que cumpla con este requerimiento y adicionalmente, ofrezca funciones de una central de voz sobre IP que brinde una gama de aplicaciones que satisfaga las necesidades de la institución.

Asterisk es uno de los software de simulación para centrales IP que cuenta con una comunidad de desarrolladores cada vez mayor lo que permite la creación de diversas distribuciones (interfaces gráficas) que se adapten a las necesidades de proyectos basados en un sistema de VoIP. Asterisk dispone de interfaces y distribuciones que facilitan su manejo.

Entre las interfaces más utilizadas está FreePBX y AsteriskGUI, que como su nombre lo indican actúan como interfaces web para el manejo de Asterisk. Por otra parte, las distribuciones también llamadas *Distro*, son aquellas que agrupan un

conjunto de aplicaciones adicionales basadas en el lenguaje de Asterisk, con su respectiva interfaz gráfica. Entre las más utilizadas se encuentran Elastix y Trixbox, las cuales ofrecen una interfaz gráfica para el manejo de una central IP PBX capaz de interconectar teléfonos IP, además de brindar un conjunto de opciones adicionales al usuario.

En este caso se escoge Elastix como software de distribución, principalmente porque ofrece la opción de implementar un módulo de Call Center gratuito, adaptándose a su vez al dimensionamiento de la red a utilizar, ofreciendo un conjunto de funcionalidades que son atractivas y de provecho para la institución. En la tabla 8 se muestra un cuadro comparativo de las funcionalidades de ambas distribuciones.

Criterio	Matriz de selección correspondiente a la distribución de Asterisk	
	Elastix	Trixbox
Soporte de los siguientes protocolos:		
SIP	✓	✓
H.323	✓	✓
MGCP	✓	✓
IAX2	✓	✓
RTC	✓	✓
Soporte de los principales Códecs:		
G.711A	✓	✓
G.711u	✓	✓
G.723	✓	✓
G.729a	✓	✓
G.726	✓	✓
GSM	✓	✓
Se desarrolla en empresas:		
Pequeñas	X	✓
Medianas	✓	✓
Grandes	✓	X
Módulo Call Center	✓	X
Interfaz WEB amigable	✓	✓
Interoperabilidad con diversos proveedores	✓	✓
Variante de pago	X	✓
Funcionalidades		
Basicas	X	X
estandar	X	✓
avanzadas	✓	X

Tabla 8. Comparación de distribuciones Elastix vs Trixbox.
Fuente: Elaboración propia.

Como lo establece la información presente en la Tabla 8, funciona sobre la plataforma de Linux, soporta diferentes protocolos de señalización tales como H.323, SIP, e IAX2, y admite la gran mayoría de los códecs estándar presentes en el mercado como lo son: G.711, G.726, G.729, GSM. Asterisk con su distribución Elastix, presenta suficiente robustez y ventajas sobre centrales tradicionales, por lo cual es ideal para ser implementada como plataforma operativa del diseño a desarrollar.

4.2.1.4. Servidor Asterisk

Para la implementación de la distribución de Elastix se requiere de un equipo que cuente con unas características básicas a nivel de hardware, de modo que pueda soportar todos los procesos internos requeridos para dar el funcionamiento al sistema de voz sobre IP que se desea implementar. Estas características van a depender de la cantidad de circuitos analógicos (FXO/FXS) o digitales (E1) con los que se cuente. En la Tabla 9, se muestra las especificaciones mínimas requeridas según el número de líneas telefónicas con las cuales trabajará el servidor (en éste caso serán circuitos digitales).

Nombre	Líneas	Facilidades	Características
Pequeño	4 líneas telefónica 20 extensiones aprox.	Correo de voz Sin grabación de llamadas.	1GB RAM, Dual Core 2.6 CPU, 128 GB HDD
Promedio	1 Módulo E1 (30 líneas). 50 extensiones aprox	Correo de voz Sin grabación de llamadas.	1GB RAM, Core2Duo 2.8 CPU, 128GB HDD
Promedio	2 Módulos E1 (60 líneas). 100 extensiones aprox	Correo de voz Sin grabación de llamadas.	2GB RAM, Core2Quad 2.8 CPU, 256 GB HDD
Grande	4 Módulos E1 (120 líneas). 300 extensiones aprox	Correo de voz Sin grabación de llamadas.	4GB RAM, 2*Xeon 2.8 CPU, 512 GB HDD

Tabla 9. Características de Hardware según cantidad de líneas telefónicas.
Fuente: ElastixEasy by Haaed Kouhfallah.

Debido a que el sistema contará con cuatro módulos E1, se debe utilizar un servidor cuyas especificaciones sean iguales o superiores a las mostradas en la Tabla 9. Tomando en cuenta lo dicho anteriormente se propone un servidor que cumpla con las siguientes características:

- Intel Xeon Dual Core 2.8 Mhz
- Memoria RAM 4GB
- Disco Duro 512 GB

4.2.1.5. Protocolos de Señalización

Debido a que un sistema de comunicación de voz sobre IP consiste en una red de paquetes conmutados, se hace necesaria la utilización de protocolos de señalización, los cuales se encargarán de enviar la voz empaquetada por diferentes rutas pero siempre buscando la más corta y menos congestionada, de allí la gran importancia de los mismos.

En la actualidad existen varios protocolos de señalización que suelen ser muy utilizados en redes de comunicación de voz sobre, entre los cuales se destacan: SIP, H.323, IAX, MGCP, cada uno con grandes atributos los cuales suelen ser atractivos a la hora de una implementación de este tipo.

Realizando un análisis comparativo entre los protocolos mencionados anteriormente, se evidencia lo siguiente en la tabla 10:

Protocolo	SIP	H323	IAX2
Codificación de mensajes	Texto plano (http y XML) ASCII	Binario (datagramas IP/Tramas Ethernet)	Binario
Puertos usados	UDP 5060 para señalización y RTP (10000-20000) para c/conexión de audio.	Puertos TCP/UDP 1024 - 65535	UDP 4569 para señalización/datos de todas las llamadas
Consumo de BW	Elevado (por ser texto plano)	Menor que SIP (por ser binario)	Menor que SIP (por ser binario)
Seguridad	SSL/TSL; SSH o S-HTTP. (Autenticación/ encriptación)	SSL (mediante H.235)	Cifrado (aes128), siempre sobre canales con autenticación MD5
Método de acceso	Orientado a Http	Orientado a ISDN/Q.192	Binario/proprietario
Complejidad	Poca	Mucha	Promedio

Tabla 10. Comparación entre protocolos de señalización SIP, H.323 e IAX.

Fuente: Elaboración propia.

La utilización de alguno de estos protocolos, depende principalmente de los equipos que conforman la red, ya que no todos poseen la capacidad de operar con cualquiera de estos, de igual manera se debe considerar el grado de complejidad a nivel de procesamiento de cada uno ya que influiría en el rendimiento del procesador del equipo y por ende de la red.

Considerando todos estos aspectos y las comparaciones realizadas anteriormente, se seleccionó el protocolo SIP para la señalización entre los terminales y la central IP PBX, ya que posee flexibilidad, modularidad y facilidad de generación de nuevos servicios. En lo referente a la comunicación entre las centrales ubicadas en las diferentes bases del SEBIN a nivel nacional, se utilizará IAX2 como protocolo de señalización, ya que por tratarse de enlaces WAN, existen más restricciones a nivel de ancho de banda, adicionalmente por ser un protocolo de

intercambio propio de Asterisk, resulta el más indicado ya que se trabajará con un sistema distribuido de centrales IP PBX (una por base) que trabajarán con dicho software.

4.2.1.6. Códec

Para la elección de los códecs a utilizar en la topología de red de VoIP, es necesario tomar en cuenta ciertos parámetros como lo son: infraestructura de la red (LAN o WAN), protocolos involucrados en el enlace, ancho de banda necesario, y cantidad de llamadas concurrentes.

Para redes de comunicación de voz sobre IP, existen una serie de modelos de códecs, cuyo uso dependerá de los requerimientos de la conexión y las características ofrecidas por los mismos. Algunos de estos códecs son el G.711, G.726, G.729, GSM, e ILBC.

El ancho de banda requerido para la realización de llamadas, va a depender del tipo de códec que se utilice, por ello es necesario realizar una serie de cálculos que involucren las características del paquete de voz a transmitir, el protocolo a utilizar y los parámetros estandarizados de cada códec.

Para realizar los cálculos, es necesario definir ciertos parámetros. (CISCO, 2006)

- **Códec_bitrate (Kbps):** número de bits por segundo que deben ser transmitidos para entregar una llamada de voz, propio de cada códec.
- **Sample_size(Bytes)**(tamaño de muestra): Número de bytes capturados por el Procesador de Señal Digital (DSP) en cada intervalo de muestreo del códec.
- **Sample_interval (ms)** (intervalo de muestra): intervalo de muestreo en el que opera el códec.

- **Header_size (Byte)** (Tamaño de cabecera): Es la suma de las cabeceras de los protocolos IP, RTP, UDP, y el protocolo de enlace de datos a utilizar (Metro-Ethernet, Frame-Relay, ATM etc).
- **Payload_size (Byte)**: (Tamaño de carga útil): El tamaño de la carga útil de voz representa el número de bytes (o bits) que se introducen en un paquete. El tamaño de la carga útil de voz debe ser un múltiplo del tamaño de la muestra códec.
- **Packet_size (Byte)** (Tamaño de paquete): Es el tamaño total del paquete de voz, el cual resulta de la suma del Header_size más el Payload_Size.
- **PPS (Paquetes por segundo)**: representa el número de paquetes que deben ser transmitidos por segundo a fin de entregar la tasa de bits códec.
- **Número de llamadas concurrentes**: Número máximo de llamadas simultáneas que el sistema de comunicación está en capacidad de soportar.

Una vez definido los parámetros, se realizan los cálculos correspondientes mediante las siguientes formulas:

$$\text{Carga util (Byte)} = \frac{\text{Tamaño_muestra (ms)} \times \text{códec_bitrate (Kbps)}}{8 \left(\frac{\text{bits}}{\text{Byte}} \right)}$$

$$\text{Tamaño_cabecera (Byte)} = C_{RTP} + C_{UDP} + C_{IP} + C_{ETH}$$

$$\text{Tamaño_paquete (Byte)} = \text{Tamaño_Carga util} + \text{Tamaño_Cabecera}$$

$$\text{PPS} = \frac{1}{\text{Tamaño_muestra}} = \frac{\text{Códec_bitrate}}{(\text{Tamaño_carga util}) \times 8}$$

$$\text{BW/llamada (Kbps)} = \text{Tamaño_paquete(Byte)} \times \text{PPS} \times 8 \frac{\text{Bits}}{\text{Byte}}$$

$$\text{Ancho de Banda requerido(Kbps)} = \text{Bw/llamada} \times \# \text{ llamadas concurrentes}$$

Luego de la aplicación de las formulas anteriores, se obtuvieron los resultados correspondiente tanto al ancho de banda de la red interna de la institución (LAN), como el correspondiente en la red Externa (WAN). Estos resultados se muestran a continuación:

Códec	G.711a	G.729	G.726 (32 kbps)	ILBC (13,3 kbps)	G.723.1
Carga Útil (Byte)	160	20	80	50	24
Cabeceras(Byte) Ethernet 802.1q	82	82	82	82	82
Tamaño del paquete (Byte)	242	102	132	132	106
cRTP	No	Si	No	si	Si
VAD	No	No	Si	no	No
Tamaño de la trama (Crtp o VAD) (Byte)	242	64	162	94	68
Tamaño de la Trama (bits/trama)	1936	512	1296	752	544
PPS (Tramas/segundo)	50	50	50	33,3	33,3
Ancho de Banda(kbps)/ llamada	193,6	51,2	84	51	36,24
Número de llamadas concurrentes	120	120	120	120	120
Ancho de Banda /Requerido	23,23 Mbps	6,15Mbps	10,08Mbps	6,12 Mbps	3,35Mbps

Tabla 11. Comparación del consumo de ancho de banda según el tipo de códec.
Fuente: Elaboración propia.

4.3. Red Interna de la sede principal (LAN):

La red LAN en la sede principal del SEBIN, posee un ancho de banda de 100Mbps ya que cuenta con un enlace dedicado (Metro-Ethernet) con cierto proveedor de servicio, lo que permite tener gran flexibilidad en cuanto a ancho de banda, a la hora de la elección de un determinado códec que brinde mayor calidad de voz independientemente del ancho de banda que consuma.

Como se observa en la tabla 11, los requerimientos de ancho de banda de todos los códecs analizados están por debajo de 25Mbps, valor que representa menos del 30% de la capacidad total de transmisión de datos que posee la red. Tomando en cuenta esta consideración, para la escogencia del códec en la red LAN, se evaluaron factores económicos y de calidad.

El G.711 por ser un códec que no necesita ningún tipo de licencia para su implementación, y adicionalmente ofrece una calidad de voz que se asemeja a la usada por la PSTN (ya que trabaja a 64kbps), resulta ser el ideal para implementarlo tanto en la red LAN de la sede principal como en las redes LAN de cada base a nivel nacional. En la tabla 12 se muestra el ancho de banda requerido por dicho códec de acuerdo al número de llamadas concurrentes con el cual trabajarán cada una de las bases.

Códec	G.711a
PPS (Tramas/segundo)	50
Ancho de Banda/ llamada	193,6
Número de llamadas concurrentes	30
Ancho de Banda /Requerido	5,81 Mbps

Tabla 12. Ancho de banda requerido según el códec G.711
Fuente: Elaboración propia

4.4. Enlaces WAN

Los enlaces WAN requieren de un mayor consumo de ancho de banda. Los flujos de llamadas provenientes de las distintas bases tratan de buscar su bridge más cercano (sede central), si esto se llevara a cabo por muchas sedes al mismo tiempo, cada uno de los flujos atravesaría la WAN consumiendo su respectivo ancho de banda para ser mezclados, y luego serían devueltos a la base remota, consumiendo de nuevo más ancho de banda.

Tomando en cuenta la situación expuesta anteriormente, se requiere la implementación de un códec que reduzca considerablemente el ancho de banda de cada enlace WAN pero, sin degradar la calidad de servicio que se requiere en la comunicación. El consumo de ancho de banda mínimo requerido para cada enlace punto a punto con las distintas bases, debe ser calculado tomando en cuenta las llamadas comunes entre la sede principal y la base remota.

El códec elegido en este tipo de conexiones es el G.729 debido a su gran capacidad de compresión de los paquetes de voz que se envían a través de la red (reduciendo ocho veces el ancho de banda consumido en relación a G.711), y no deteriora la calidad de la voz de forma considerable.

Observación: Es importante tener en cuenta que para el uso del éste códec, es necesario adquirir una licencia por cada canal utilizado generando un costo adicional a la hora de su implementación.

4.5. Interfaces o tarjetas

Para conducir las llamadas de los terminales de VoIP a la Red Telefónica Pública Conmutada (PSTN) ó a la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), es necesario el uso de periféricos especializados en la IP PBX, los cuales se conocen como placas o tarjetas de telefonía. Dichos periféricos, son tarjetas de expansión PCI o PCI express (según el tipo de puerto con el cual se trabaje), que conectan el servidor Elastix directamente a las líneas telefónica existentes (analógicas ó digitales), y convierten las señales y los medios de comunicación en los formatos internos de Asterisk.

Para realizar conexiones con las interfaces de telefonía tradicional, Asterisk incluye un tipo de canal llamado “chan_dahdi” así como también un conjunto de drivers de software conocido como DAHDI.

La escogencia de tarjetas dependerá del tipo de línea que se utilice, ya sea líneas analógicas (puertos FXS-FXO) ó líneas digitales (Interfaces E1/T1). En el caso del SEBIN, tanto en la sede principal como en las distintas bases a nivel nacional, se cuenta con interfaces de telefonía digital basados en módulos E1 con 30 canales de voz, por lo que se utilizarán tarjetas para interfaz digital, algunos de los modelos que se pueden utilizar son los siguientes:

- TE410 PCI Express. Marca Etross.
- TE410P. 3.3v PCI slot. Quad Span. Capacidad para 4 módulos E1 (120 llamadas concurrentes). Marca Digium.
- TE420P. Quad Span. Capacidad para 4 módulos E1 (120 llamadas concurrentes). Marca Sangoma.
- TC400B. Permite intercambiar la tarjeta sin perder la licencia del códec G.729.

4.6. Dimensionamiento del Call Center

El objetivo principal del proceso de dimensionamiento de un call center, es obtener un equilibrio entre la demanda estimada durante el proceso (llamadas, peticiones etc), y los recursos necesarios que permitan el cumplimiento del nivel de servicio exigido.

El Erlang C, es el modelo matemático estándar utilizado para el dimensionamiento de los Call Center, el cual está directamente relacionado con el sistema de espera en las colas destinadas a la atención de llamadas.

Cuando los agentes de un Call Center se encuentran ocupados en su totalidad, las llamadas que se realicen en éste período no serán consideradas perdidas, ya que

inmediatamente pasarán a una cola de espera hasta que un agente se desocupe y la atienda automáticamente respetando el orden de entrada a dicha cola.

Con el uso del modelo Erlang C, se puede calcular la probabilidad de que un agente se encuentre inmediatamente disponible para responder a una llamada entrante, así como también el promedio de la velocidad en contestar una llamada (mediante la función ASA (Average Speed of Answer)).

Hay que tener presente ciertas reglas o normas que de igual manera condicionan el proceso de dimensionamiento del Call Center en cuanto al número de agentes. Algunas de las condiciones a tomar en cuenta son las siguientes:

- Duración de los turnos de trabajo de los agentes: En éste caso se tomará como mínimo la jornada laboral de ocho horas.
- Cantidad de días de trabajo por semana de los agentes: Se tomarán en cuenta los siete días de la semana, y el día sábado.
- Normativa sobre tiempos de descanso: Según las normas, un agente puede ejercer su función como máximo seis horas seguidas con derecho a una hora de descanso distribuida (por ejemplo cuatro descansos de 15 minutos c/u). En el SEBIN se tomarán dos turnos (mañana y tarde) en el cual los agentes tendrán cuarenta minutos de descanso (distribuidos en *breaks* de 10 minutos c/u), ya que ejercerán su trabajo durante cuatro horas seguidas)

Todas éstas reglas, inciden en la escogencia del número mínimo de agentes necesarios que operarán en el call center para asegurar un óptimo funcionamiento del servicio.

Tomando en cuenta lo dicho anteriormente, para el cálculo del número mínimo de agentes que necesitará el Call Center en el SEBIN, es necesario considerar una serie de parámetros que de igual forma, influyen directamente en el dimensionamiento. Dichos parámetros, se muestran en la tabla 13, los cuales en su mayoría representan valores aproximados según estudios realizados en la institución, así como también de los requerimientos de la misma.

Número de llamadas por hora (NL)	40 llamadas
Longitud de período (LP)	1 hora
Promedio duración de llamada (PDL)	6 min (360seg)
Tiempo de espera máximo (TEM)	30 segundos
Nivel de servicio (NS)	> 80%

Tabla 13. Parámetros dimensionamiento.

Fuente: Elaboración propia

Una vez establecidos los valores promedio, se calculan otras variables como lo son:

Índice entrante de llamadas entrantes(λ) = (NL/ LP)

$$\lambda = (40/3600 \text{ seg})$$

$$\lambda = 0,0111$$

Intensidad de tráfico (u) = (λ * PDL)

$$u = (0,011 * 360 \text{seg})$$

$$u = 4$$

La intensidad de tráfico es el número medio de llamadas simultáneas entrantes, es decir representa la cantidad mínima de agentes que se necesita para responder a todas las llamadas entrantes. Si hay menos agentes que el valor que arroja la intensidad de tráfico, habrá llamadas que quedarán sin atender o que pasarán a una cola de espera.

Es por esto que según los cálculos realizados, y tomando en cuenta una holgura en el diseño, se estableció una cantidad de seis agentes (podrían ser más), para satisfacer las exigencias de la institución (la cual estableció en principio un número máximo de seis agentes).

$$\boxed{\text{Número de agentes} = 6}$$

Una vez establecido el número de agentes, se calcula la ocupación de cada uno mediante la fórmula $\rho = u/m$; en la cual m representa el número de agentes.

$$\boxed{\rho = \frac{4}{6} = 0,6666 \rightarrow 66,66\%}$$

La ocupación debe estar comprendida entre $0 < \rho < 1$, si es mayor que 1 los agentes estarán sobrecargados y por ende el cálculo con el modelo Erlang C no serán significativos pudiendo dar tiempos de espera negativos.

4.6.1. Modelo Erlang C

Como se dijo anteriormente, la probabilidad de espera (desde la perspectiva de quien llama), es decir la probabilidad de que una llamada no sea atendida inmediatamente y el usuario tenga que esperar, se calcula mediante el modelo Erlang C.

Para realizar dicho cálculo, se utilizó la fórmula “=*ErlangC*(m , u)”; en la cual m corresponde al número de agentes, y u a la intensidad de tráfico.

Dicho cálculo se realizó en Excel, herramienta con la cual, mediante la función: “=ErlangC(m, u)” y los valores correspondientes a $m=6$ y $u=4$, se obtuvo el siguiente resultado:

$$P_{wait} = 0,284760845 \rightarrow 28,48\%$$

Una vez obtenida la probabilidad de espera, la cual corresponde a un 28,48%, valor que se encuentra dentro de los límites establecidos, se puede calcular la velocidad media de respuesta, conocida por sus siglas ASA en inglés (*Average Speed of Answer*). El cálculo del ASA, se basa en el modelo de Erlang C y su fórmula es:

$$ASA = \frac{Ec(m, u). PDL}{m. (1 - \rho)}$$

Igualmente se calculó usando Excel mediante la función: “=ASA (m, u, t)”, en la cual t corresponde a la duración media de una llamada. Dicha función arrojó como resultado:

$$ASA = 51,256 \text{ seg}$$

Un tiempo de respuesta de 51,256 segundos es algo elevado, ya que dicho valor es inversamente proporcional al número de agentes (a mayor m menor ASA). Esta situación podría solventarse aumentando el número de agentes, lo cual se deja como propuesta a medida que los requerimientos de la institución, conjuntamente con los del call center, vayan aumentando.

A manera de ejemplo, aumentando a siete (7) el número de agentes, se obtendría un ASA de 16,21 segundos.

Por último, para obtener un valor que exprese el nivel de servicio ofrecido por el Call Center, se utiliza un método para evaluar la calidad, el cual se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$SL = 1 - Ec(m, u) \cdot e^{-(m-u) \cdot \left(\frac{TEM}{PDL}\right)}$$

$$SL = 1 - 0,2847 \cdot e^{-(6-4) \cdot \left(\frac{30}{360}\right)}$$

$$\boxed{SL = 75,90 \%}$$

El nivel de servicio estándar para call center, es en la mayoría de los casos $\geq 80\%$. Un 75,90% es un nivel aceptable, pero podría mejorar aumentando el número de agentes, por lo que se puede considerar que seis agentes representan el mínimo para obtener una calidad de servicio aceptable, y de siete agentes en adelante se lograría un nivel mayor a 80%.

4.7. Calidad de servicio

Las redes locales tienen la característica de contar con un gran ancho de banda, más sin embargo tienen la desventaja de trabajar bajo el esquema de servicio de mejor esfuerzo (Best Effort), donde se da el mismo trato a todo tipo de tráfico y se corre el riesgo de que computadoras personales saturen la red momentáneamente y se vean afectadas todas aquellas aplicaciones sensibles al retraso, ocasionando así que éstas no funcionen correctamente.

Cuando se tiene la visión de implementar la tecnología de voz sobre IP (VoIP) bajo una red de área local, resulta fundamental la implementación de calidad de servicio (QoS) ya que, aún cuando es posible que aplicaciones, tales como la telefonía IP, trabajen bajo el esquema de “mejor esfuerzo” dicha red no estará en condiciones de garantizar un nivel de servicio en el momento que la red se encuentre congestionada, degradando así la calidad de todas aquellas aplicaciones que tienen gran importancia en la organización.

Partiendo de lo dicho anteriormente, se establecerán los requerimientos necesarios para la implementación de Calidad de Servicio (QoS) en la red de datos del SEBIN, con la finalidad de que dicha red esté en capacidad de brindar condiciones óptimas en cuanto a calidad a las aplicaciones que sean necesarias, principalmente a lo que respecta a telefonía IP y por ende al centro de atención al usuario (Call Center) que se diseña en este trabajo de grado.

Para el establecimiento de cualquier mecanismo de calidad de servicio, es necesario la ejecución de los siguientes pasos: Identificación del tráfico, clasificación del tráfico, definición de políticas, selección de métodos de encolamiento y aplicación de las políticas en las interfaces correspondientes.

En base a cada uno de esos parámetros, se presenta a continuación un diseño que suministra una solución en las redes de datos del SEBIN a nivel de configuración en las interfaces, para conectividad en dos escenarios bases: el primero en cuanto a la red WAN para la conmutación de paquetes en la capa 3 (enrutamiento), y el segundo a la red local de capa 2 (LAN, conmutación). A continuación se presenta un esquema donde se ejemplifica dicho diseño:

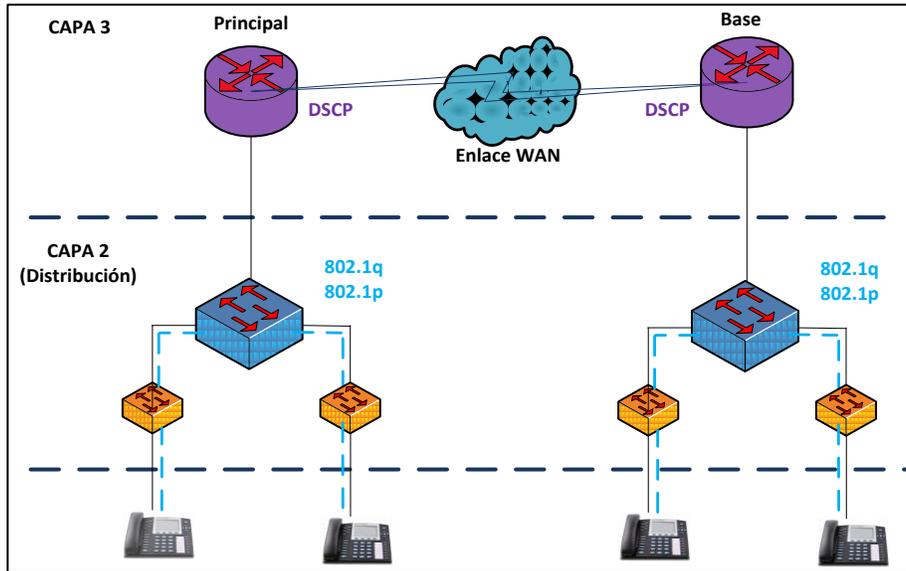


Figura 10. Esquema de QoS.
Fuente: Elaboración propia

Como se evidencia en la figura 10, se propone trabajar en capa 3, bajo el modelo de Servicios Diferenciados (DiffServ), comúnmente llamado DSCP, el cual hace referencia al segundo byte en la cabecera de los paquetes IP que se utilizan para diferenciar la calidad en la comunicación que quieren los datos que se transportan.

En cuanto a la Capa 2, se debe implementar calidad de servicio basada en VLANs bajo la recomendación de la IEEE 802.1q y adicionalmente implementar Clase de Servicio (CoS), la cual se basa en la clasificación del tráfico según la recomendación de la IEEE 802.1p.

Para poder llevar a cabo este mecanismo de QoS, es necesario desarrollar cada uno de los aspectos mencionados anteriormente, en tal sentido se tiene lo siguiente:

Como punto de partida, es necesaria la identificación del tráfico presente en la redes de la institución, de modo que se pueda dar un trato especial de acuerdo a las necesidades que presenten, y así poder brindar un buen servicio. Se plantea a continuación un prototipo de clasificación estandar de aplicaciones en redes de datos basadas en tecnología de VoIP:

- Telefonía IP
- Video
- Señalización
- Datos de Prioridad 1
- Datos de Prioridad 2
- Resto

Luego de tener identificado el tipo de tráfico presente en la red, es necesario realizar la clasificación del mismo, este procedimiento se debe ejecutar a nivel de capa 2 en cada uno de los conmutadores que conforman la topología de red del SEBIN.

Para realizar dicha clasificación, se debe emplear dos estandares de la IEEE, el primero corresponde al 802.1q, siendo este el que permite un etiquetado de Vlans en la trama ethernet, como se muestra en la figura 3. El segundo corresponde al 802.1p, el cual va permitir priorizar cada Vlan mediante la etiqueta *CoS*, dicha etiqueta tendrán valores entre 0 y 7, siendo el 7 las Vlans que poseen mayor prioridad en la red.

A continuación se muestra un ejemplo típico de clasificación de tráfico para este tipo de redes:

CoS 5	Vlans voz
CoS 4	Vlans video
CoS 3	Vlans datos
CoS 2	Vlans Prioridad 1
CoS 0	Vlans Prioridad 2

La clasificación debe ser realizada tan cerca del borde como sea posible, lo que permite que la QoS se aplique de extremo a extremo. Adicionalmente, es importante determinar la frontera de confianza, en donde se formará un perímetro dentro del cual los diferentes dispositivos respetarán y confiarán en las marcas de QoS realizadas dentro de ese perímetro. Debido a que la frontera de confianza debe seleccionarse en aquella zona donde exista un control administrativo, se propone utilizar la capa de acceso para dicha función.

Para su implementación se requiere de la configuración de interfaces por donde se espere el ingreso de un flujo de paquetes previamente marcado bajo cualquier estándar (DSCP, CoS, IP PRECEDEN). Este punto es muy importante ya que, de no estar configurado el conmutador, utilizará 0 para el valor interno DSCP para todos los paquetes de ingreso. Adicionalmente, es necesaria la configuración de la traducción requerida para convertir los valores CoS a DSCP, de modo que puedan ser manejados a nivel de capa 3 de forma eficiente.

Para implementar ésta configuración, se deben emplear cada uno de los comandos establecidos para los equipos Switches Huawei Quidway S6506R, los cuales están en capacidad de soportar la implementación de QoS en sus interfaces.

Al completar la configuración correspondiente a la conmutación de paquetes, establecida a nivel de capa 2, es necesaria la configuración a nivel de capa 3, lo que respecta al enrutamiento de los datos en todo su recorrido.

A nivel de Capa 3 (Routing), las políticas deben estar basadas, como se mencionó anteriormente en DSCP (Diffserv), en donde el comportamiento de reenvío asignado a un DSCP se denomina PHB (Per-hop Behavior). El enrutador recibirá el tráfico previamente clasificado con el valor DSCP correspondiente y se encargara de distribuirlo en cuatro (4) colas, las cuales se establecerán según los

tipos de comportamiento por saltos (PHB). A continuación se presenta un mapeo para la ejemplificación de este punto.

Aplicación	DSCP	CoS	Colas
Telefonía IP	46- EF	5	4
Interactivas	34/32- AF41/CS4	4	3
Señalización y datos de prioridad 1	31/26/- AF31/CS3/AF42	3	3
Datos de prioridad 2	18	2	2
Resto	0	0	1

Tabla 14. Mapeo DSCP.

Fuente: Cisco

Debido a que DSCP clasifica en tráfico en colas, es necesario la utilización de mecanismos de encolamiento que manejen este tipo de tráfico de la mejor manera posible. En este caso se propone utilizar la recomendación de LLQ y encolamiento balanceado y clase (*Class Based Weighted Fair Queuing*, ó CBWFQ).

Esta selección se debe a que CBWFQ organiza el tráfico (de tiempo real), colocándolo al principio de la cola y comparte equitativamente el ancho de banda disponible entre el resto del tráfico con alta prioridad. LLQ, por su parte, permite garantizar un ancho de banda específico para determinado flujo con características como bajo retardo y jitter, lo que resulta muy recomendable para tráfico de VoIP.

Para su implementación se requiere la declaración de clases y políticas, así como la aplicación de las mismas por la interfaz donde se encuentra el enlace (WAN) en este caso en enlaces Metro Ethernet. En tal sentido se muestra a continuación un ejemplo de clasificación y políticas comúnmente usadas en redes de este tipo:

	Platino	Oro	Plata	Bronce	Defecto
Códigos	DSCP 46	DSCP 34 36	DSCP 31 26	DSCP 18	DSC P 0 (Best-Effort)
Datos	Telefonía IP	Video y aplicaciones interactivas	Datos y aplicaciones donde la latencia no es un problema	Aplicaciones web y otras que no son de la institución	Internet y aplicaciones que no son del a institución.
Canal	Se obtiene calculando un tráfico X por cada flujo de telefonía simultánea en cada enlace.	30% de canal restante.	30% de canal restante.	20% de canal restante	El restante por encolamiento balanceado (fair-queue) y con limite de congestión estadístico (random-detect)
Método	Encolamiento de baja latencia (LLQ), con descarte si hay exceso.	Asignación de canal (Ancho de banda restante), con encolamiento si hay exceso basado en DSCP.	Asignación de canal (Ancho de banda restante)	Asignación de canal (Ancho de banda restante)	Mejor esfuerzo (Best-effort)

Tabla 15. Políticas de calidad de servicio.

Fuente: Elaboración propia

Para la declaración de clases y políticas en los equipos presentes en capa 3, router cisco 3700, con los que cuenta el SEBIN, es necesario la ejecución de los siguientes comandos:

Declaración de clases

```
CAT3700(config)# class-map match-all PLATINO
CAT3700(config-cmap)#match ip dscp 46
CAT3700(config-cmap)#class-map match-all ORO
CAT3700(config-cmap)# match ip dscp 34 26
CAT3700(config-cmap)#class-map match-all PLATA
CAT3700(config-cmap)# match ip dscp 18
CAT3700-PFC3-IOS(config-cmap)#class-map match-all
DEFECTO
CAT3700-PFC3-IOS(config-cmap)# match ip dscp 0
```

Tabla 16. Declaración de clases
Fuente: Cisco

Declaración de políticas:

```
CAT3700-PFC3-IOS(config-cmap)#policy-map Voip
CAT3700-PFC3-IOS(config-pmap)# class Platino
CAT3700-PFC3-I(config-pmap-c)# priority X (Ancho de banda
rservado LLQ)
CAT3700-PFC3-IOS(config-cmap)#policy-map interactivas
CAT3700-PFC3-IOS(config-pmap)# class Oro
CAT3700-PFC3-I(config-pmap-c)# bandwidth percent X
```

Tabla 17. Declaración de políticas.
Fuente: Cisco

Observaciones:

- Al asignar un ancho de banda (Priority) se esta garantizando en cualquier momento ese AB para la aplicaciones de Voip.
- Al utilizar el comando “*bandwidth percent X*” se le esta asignando a todo el tráfico que se le aplique esa política “interactiva” (Clase ORO) un porcentaje X del ancho de banda restante (AB-AB priority) para esas aplicaciones.
- No se delimita un AB especifico ya que, se requiere de un estudio detallado por parte del personal que labora en la OSTI, para realizar el estudio necesario en base a los requerimientos de cada una de las bases presentes a nivel nacional.

4.8. Diseño del Call Center

La arquitectura bajo la cual se implementará el call center del SEBIN, es la que se describe en el capítulo 2. El servicio que ofrecerá el módulo de atención al usuario (Call Center), será únicamente para los usuarios que se encuentren en las distintas bases del SEBIN distribuidas en el territorio nacional, mientras que los agentes que facilitarán dicho servicio, con sus respectivas estaciones de trabajo, se encontrarán ubicados en la sede principal de la institución la cual se encuentra en Caracas.

El Call Center se implementará con el objetivo de generar un sistema de atención directa en el cual los usuarios de las bases puedan obtener y enviar información interna de la institución, realizar peticiones, reportar fallas, obtener soporte etc. El diseño de este sistema, está basado en la interconexión entre la sede principal y las distintas bases mediante una red interna en la cual sólo la institución tenga acceso, lo cual permitirá que las llamadas realizadas al módulo de atención al usuario, salgan a través de dicha red mediante la marcación de dígitos específicos, y no sea necesario realizar llamadas mediante la PSTN.

4.8.1. Esquema de red propuesto

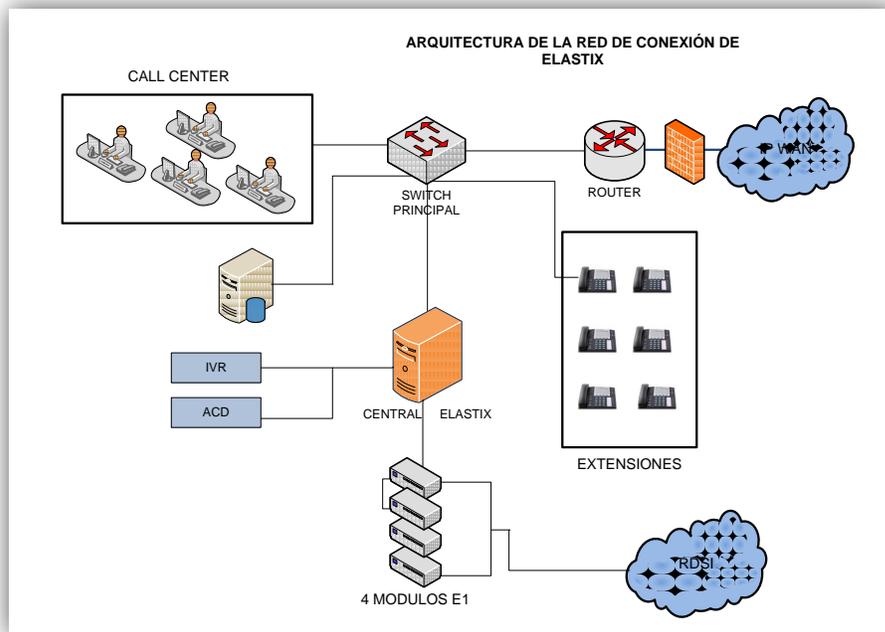


Figura 11. Arquitectura de red para el Call Center sede Principal
Fuente: Elaboración propia

4.8.2. Descripción de los elementos

Para el diseño de un call center es necesario tomar en cuenta una serie de elementos para su funcionamiento, desde equipos como switches, routers y terminales hasta softwares especializados que hagan posible su implementación.

4.8.2.1. ACD (*Automatic call Distributor-Distribuidor automático de llamadas*).

Este módulo se implementa a través de la creación de colas mediante la configuración del archivo *queues.conf*, el cual permitirá saber el momento exacto en

que ingresa una llamada a la red y tener el control del tiempo empleado por los agentes en cada llamada.

Para las llamadas entrantes, se debe implementar una o varias colas de llamadas dependiendo del flujo de llamadas atendidas y los servicios que sean ofrecidos por el call center.

4.8.2.2. IVR (*Interactive voice response*- Respuesta de voz interactiva)

El IVR se encarga de administrar las llamadas entrantes y darle la bienvenida al usuario e indicarle a través de grabaciones, las opciones que ofrece el sistema, de esta manera el usuario puede navegar a través de las diferentes opciones mediante el uso del teclado telefónico. Este módulo se configura en el archivo *extensions.conf*.

Según los requerimientos de la institución, se establece un IVR de dos (2) niveles, el cual va ofrecer dos tipos de servicio: Soporte técnico y Atención al usuario.

El usuario al ingresar al Call Center escuchará de inmediato la grabación de bienvenida, la cual contendrá el siguiente mensaje:

Bienvenida.wav: bienvenidos al Servicio Bolivariano de Inteligencia Nacional, si conoce la extensión de la persona a la que desea llamar, márquela ahora, sino, manténgase en línea.

Una vez reproducido el mensaje de bienvenida, si el usuario se queda en línea sin marcar ninguna extensión, se reproducirá un mensaje con un menú de opciones, las cuales pueden ser activadas por teclado, estas opciones corresponden a: uno (1)

soporte, dos (2) atención al usuario. A continuación se muestra el contenido del mensaje de “menú”:

Menú-principal.wav: Para comunicarse con soporte técnico marque 1, con atención al usuario marque 2.

Al seleccionar cualquiera de estas dos opciones, el usuario será automáticamente atendido por uno de los agentes del Call Center, siempre y cuando se encuentren disponibles, de lo contrario el usuario entrará a una cola de espera mientras uno de los agentes se desocupe.

Adicionalmente, el IVR tiene grabaciones que le indican al usuario ciertas opciones de marcaje como: número inválido y despedida.

4.8.2.3. Router

Permite el enrutamiento hacia las diferentes bases para establecer una interconexión entre las mismas.

4.8.2.4. Switch

Permite dividir la red en redes virtuales (VLANs) para el mayor aprovechamiento del ancho de banda de forma transparente al usuario. Adicionalmente, permite la conexión de los dispositivos ubicados en cada base con el router y así establecer la comunicación de los mismos con la red WAN.

4.8.3. Descripción del área de trabajo

Un Call Center, requiere un conjunto de elementos físicos y virtuales que permitan la automatización de funciones para garantizar calidad, agilidad y bajos costos en el servicio que ofrece. Los elementos básicos requeridos son los siguientes:

4.8.3.1. Agentes

Se encargan de contestar las llamadas y atender requerimientos por parte del usuario. En este diseño se establecieron una cantidad de seis agentes como mínimo, según los cálculos realizados en el apartado *Dimensionamiento de call center*.

4.8.3.2. Supervisor de Agente

Es el encargado de la supervisión de las estaciones de trabajo llevadas por cada agente, para garantizar el buen funcionamiento y gestión de cada solicitud realizada por los usuarios de las diferentes bases de la institución. Este tendrá acceso a los reportes generados diariamente en donde se establecen ocupación de cada agente, duración de llamadas, tiempo de espera, gestión de solicitudes y requerimientos entre otras funciones.

4.8.3.3. Cubículos

Son los espacios individuales destinados a cada agente, los cuales deben estar equipados con: silla, computadora, diadema, teléfono, puntos de red y electricidad.

4.8.3.4. Área de trabajo

El área de trabajo de un Call Center debe cumplir con características que brinden a los agentes un ambiente adecuado y cómodo, ya que este servicio funcionara las 8 horas de la jornada laboral. El espacio que se escogió para el establecimiento de la estructura física del call center cumple con estos requisitos, ya que podrá garantizar: buena iluminación, ventilación adecuada y amplios espacios.

Para la interconexión de los equipos es necesario realizar el cableado estructurado dentro de la oficina destinada al call center. Dicho cableado es del tipo UTP cat. 6 estándar 568B. Para dicha conexión, es necesario efectuar el tendido de cable desde el cuarto de comunicaciones ubicado en el piso 4 hasta la oficina de atención al usuario en el mismo piso, para así distribuirla a cada punto que requiera acceso a la red.

Una vez establecidos los lineamientos correspondientes para el diseño del sistema de atención al usuario en la sede principal, es necesario realizar un diseño de red en el cual se represente la interconexión de la sede principal con las bases ubicadas a nivel nacional, ya que dicho sistema debe estar disponible en cada una de las bases. De igual forma la central IP PBX debe estar interconectada con las demás para permitir las llamadas internas de extensión a extensión mediante la red y no mediante la PSTN.

En la figura 12 se muestra un esquema de red en el cual se representa la conexión interna entre las bases y la sede principal. La línea roja punteada, representa un enlace directo con la PSTN, el cual es un enlace de redundancia en caso de que la red WAN presente fallas.

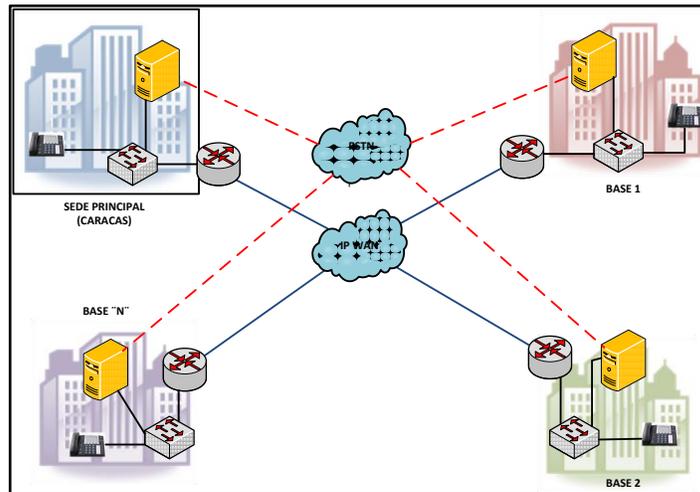


Figura 12. Diagrama de interconexión a nivel nacional.
Fuente: Elaboración propia.

4.9. Seguridad

Para que el funcionamiento de las máquinas de una red sea óptimo, y que los usuarios de dichas máquinas posean información privada la cual no sea violentada, es necesario establecer niveles de seguridad que garanticen dichos aspectos, y más cuando se habla de una red que será implementada por un organismo de inteligencia, el cual exige un nivel de seguridad elevado.

Algunos de los ataques y vulnerabilidades más comunes que se presentan a nivel de red IP son:

- Denegación de servicio, ataques de inundación SIP (SIP flooding), intromisión en el tráfico de la red (*sniffing*), captura de llamadas a nivel de VoIP, intento de obtención de privilegios de root.

Para evitar dichos ataques, se toman las medidas necesarias entre las cuales se incluyen:

- Limitación del acceso al servidor.
- No usar el usuario *root*.
- No dejar sesiones de consola abiertas.
- Bloquear el reinicio.
- Apagar los servicios que no se usen.
- Realizar monitorizaciones eventuales.
- Cambiar claves por omisión.
- No usar número de puertos estándar.
- Realizar auditorías de seguridad y establecer firewalls.

CAPITULO V

RESULTADOS

En el siguiente capítulo se describen y explican los resultados obtenidos en cada una de las etapas establecidas en el marco metodológico, los cuales permitieron organizar el cumplimiento de los objetivos propuestos de la investigación.

5.1. Levantamiento de información

Corresponde a la primera etapa de la investigación, en la cual se realizó el estudio de la situación actual de la institución tanto a nivel estructural como funcional, reflejado en el desarrollo, correspondiente al capítulo IV del presente tomo.

En ésta etapa se logró recolectar información detallada en cuanto a:

- Equipamiento correspondiente a cada cuarto de comunicaciones presente en cada piso del edificio, así como también aquellos que funcionan como terminales en las áreas operativas.
- Descripción detallada de la estructura de red, la cual incluyó las características correspondientes al cableado estructurado. Adicionalmente se investigó la topología de red con la que cuenta la institución actualmente, realizándose un esquema representativo de la misma.
- La situación actual del funcionamiento del sistema de comunicación de voz sobre IP con el que cuenta la institución, incluyendo la problemática existente y sus causas, así como también los nuevos requerimientos que se debían tomar en cuenta para la realización del diseño.

La información correspondiente a ésta etapa se encuentra organizada en tablas en el capítulo IV.

5.2. Análisis y evaluación

Una vez realizado el levantamiento de información, fue necesario el análisis de los datos obtenidos para evaluar posibles soluciones tomando en cuenta los requerimientos establecidos por la coordinación de tecnologías de información (OSTI).

Dentro del análisis se encuentra la explicación detallada de las fallas presentes en el sistema. Partiendo de dicha problemática y tomando en cuenta los requerimientos expresados por la institución, se estableció el punto de partida para la realización de una ingeniería de detalle contenida en el capítulo IV.

5.3. Ingeniería de detalle

La ingeniería de detalle representó una de las etapas más importantes en el desarrollo del presente trabajo de grado, ya que permitió realizar la elección y especificación de cada uno de los componentes, tanto de hardware como de software que conforman el “Diseño de un sistema de atención al usuario (Call Center) basado en software libre y en tecnología de transmisión de voz sobre IP”

Para realizar dicho diseño, se tomaron en cuenta cada uno de los elementos que conforman el sistema de voz sobre IP, estableciendo cada uno de los parámetros requeridos en la red LAN y WAN para que se establezca la interconexión entre cada una de las bases del SEBIN desplegadas a nivel nacional. Es importante destacar

que cada una de las selecciones está debidamente justificada y sustentada en el desarrollo (Capítulo IV), correspondiente a este trabajo de grado.

Los elementos que conformaran dicho diseño se especifican a continuación:

5.3.1. Elementos utilizados en la Red LAN

5.3.1.1. Hardware

La sede principal del SEBIN, cuenta con una estructura de red ya establecida como se explicó en el desarrollo. Tomando en consideración el buen funcionamiento presente en muchos de los equipos y en todo lo correspondiente al cableado estructurado, se estableció el diseño de tal manera que incluyera gran parte de la plataforma existente.

En tal sentido la red LAN principal, incluirá los siguientes componentes:

- Un cableado estructurado conformado por: Fibra óptica de tipo Monomodo (1310nm), utilizando conectores del tipo SC y un cableado horizontal conformado por cable UTP Categoría 6, bajo el estándar TIA/EIA-568-B.
- Switches Huawei Quidway S6506R X Gbus ubicados en cada piso de la sede principal del SEBIN y un Switch CoreHuawei Quidway S8512 donde llegarán todas las conexiones de todos los pisos presentes en la institución.
- Teléfonos IP Huawei ET522 y ET322. Los ET522 están destinados a los coordinadores y los ET322 se utilizarán en cada punto operativo dentro de la institución.
- Un router Cisco 3700, encargado del enrutamiento entre la sede principal y cada una de las bases desplegadas en el territorio nacional el cual permitirá la interconexión entre éstas.
- Un Firewall Cisco ASA 5510 Series, encargado de brindarle seguridad a toda la información entrante y saliente de la red LAN.

- UPS APC modelo Symmetra LX. en cada uno de los cuartos de telecomunicaciones presentes en el edificio.
- 4 Módulos E1 , marca WorldDSL ADC
- Una tarjeta de telefonía, TE420P (Quad Span) con capacidad para 4 módulos E1 (120 llamadas concurrentes), Marca Sangoma.



- Un servidor DELL que cuente con las siguientes características:
 - o Intel Xeon Dual Core 2.8 Mhz
 - o Memoria RAM 4GB
 - o Disco Duro 512 GB

Cada base desplegada en el territorio nacional contará con una réplica del equipamiento presente en la sede principal, pero hay que tomar en cuenta que el flujo de llamadas generadas en las distintas bases es mucho menor que el generado en la sede principal, por lo que hay utilizar equipos que se adapten a las necesidades de las mismas, lo que genera ciertos cambios en el equipamiento de estas sedes. Estos cambios se mencionan a continuación:

- Un módulo de E1, marca WorldDSL ADC
- Una tarjeta de telefonía, TE420P con capacidad para 1 módulos E1 (30 llamadas concurrentes), Marca Sangoma. En caso de que una presente un tráfico de llamadas escaso, sería factible colocar tarjetas para telefonía analógica.

- Un servidor DELL que cuente con las siguientes características:
 - 1GB RAM.
 - Intel Xeon Dual Core 2.8 Mhz
 - Disco Duro 128 GB

5.3.1.2. Módulo IP PBX

Para el diseño del módulo correspondiente a la IP PBX se partió de la premisa requerida por la institución en cuanto a la utilización de Software Libre. En base a esto y luego de un detallado estudio, se decidió utilizar los siguientes parámetros:

- Asterisk como software libre para la implementación de una IP PBX.
- Elastix como la distribución e interfaz gráfica de Asterisk.
- SIP como protocolo de señalización a implementar en el sistema de comunicación de voz sobre ip en las redes LAN de cada sede.
- IAX2 como protocolo de señalización entre centrales Asterisk.
- El Códec G.711 para la comunicación en las redes de datos LAN.

Al implementar Elastix, le suministra de manera automática al sistema de comunicación de voz sobre ip, todas las funcionalidades que posee dicha distribución, lo que le facilita a la institución la escogencia de aquellas aplicaciones que le sean útiles en el momento que lo requieran con tan solo activar o desactivar las opciones correspondiente en la interfaz web.

5.3.2. Elementos utilizados en la Red WAN

Para la interconexión entre la sede principal y las bases a nivel nacional, es necesario que las mismas estén conectadas a una red IP a la cual lleguen todas las conexiones correspondientes a cada una de éstas.

Tanto a la sede principal como a las bases le daremos el nombre de “puntos” para facilitar la explicación. Para cada enlace de un punto a la red WAN, se escogió la fibra óptica como el medio de transmisión y Metro-Ethernet como tecnología de enlace de datos.

La fibra óptica se propone como medio principal de conexión ya que permite el envío de datos de un punto a otro, separados geográficamente, con altas velocidades de transmisión ya que la información se envía por pulsos de luz, además de ser un medio robusto en cuanto a alteraciones ambientales y humanas. El tipo de fibra a usar es Monomodo debido a las grandes distancias a conectar.

La tecnología de enlace será Metro-Ethernet ya que ofrece la transmisión de datos en tiempo real (RTP), permitiendo el envío de voz/datos con una velocidad de 100Mbps la cual corresponde al punto inicial requerido por la institución, permitiendo escalabilidad de acuerdo a los requerimientos que puedan surgir posteriormente.

En cada punto habrá un transceptor Fibra-Ethernet que permita convertir los datos transmitidos por pulsos de luz provenientes de la fibra, a datos que puedan ser transmitidos por cableado UTP Ethernet, para establecer la conexión con el Router correspondiente a cada punto, como se muestra en la figura 13.

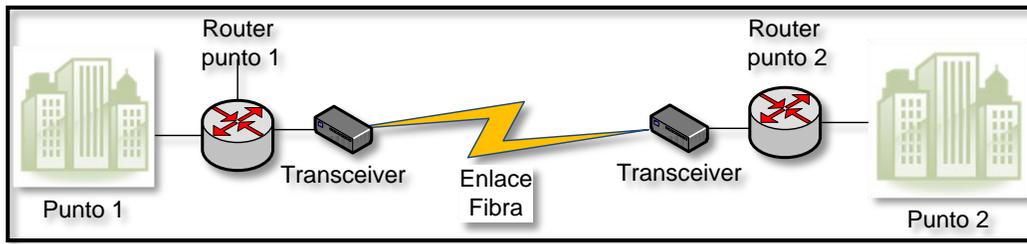


Figura 13. Esquema conexión fibra óptica entre puntos.
Fuente: Elaboración propia.

Para la comunicación de cada punto con la central IP PBX Asterisk ubicada en la sede central, es necesario el uso de un protocolo de señalización. El escogido fue el protocolo de intercambio inter-Asterisk versión 2 (IAX2) por tratarse de un protocolo nativo de Asterisk que permite la transmisión de voz/datos entre dichas centrales.

5.4. Diseño del módulo de atención al usuario (Call Center)

Según las características y requerimientos planteados por la institución, referidos en el capítulo II, se realizó el diseño del módulo de atención al usuario el cual se presenta en varias fases.

5.4.1. Primera fase

La primera fase corresponde al diseño de la red que permitirá la interconexión del Call Center ubicado en la sede principal, con las distintas bases desplegadas en el territorio nacional.

El módulo del Call Center se encuentra instalado en el servidor Elastix, y los agentes encargados de la recepción de cada una de las solicitudes, se encontrarán en una oficina destinada expresamente para su uso. En la figura 11 se muestra la

conexión dentro de la red LAN de la sede principal en la cual se ubicará dicho sistema (el cual corresponde al planteado inicialmente en el capítulo IV) .

En la figura 14 se muestra el diseño de la red de interconexión necesaria para la comunicación inter-sedes del call center, en el cual se observa que tanto la red principal como las bases estarán conectadas mediante enlaces directos a la WAN (Fibra óptica mediante Metro-Ethernet), representada por la línea de color azul, y adicionalmente estarán conectadas mediante la PSTN a manera de enlace redundante, representada por la línea roja punteada, en caso de que se presenten fallas en la red de datos.

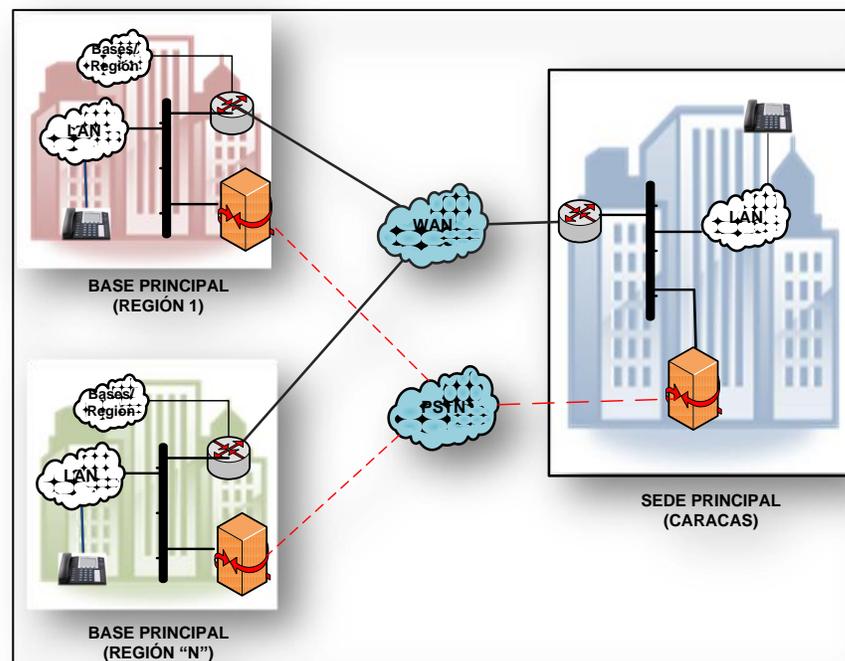


Figura 14. Esquema de conexión del Call Center con red LAN en sede principal.
Fuente: Elaboración propia

Cada sede dispondrá de un router como se dijo anteriormente, el cual estará conectado a su vez con un switch. Las conexiones tanto de la central Elastix, como

de los servidores necesarios, pertenecerán al mismo switch para que se pueda realizar la transmisión.

Las bases a interconectar suman aproximadamente 30 en total. Éstas se encuentran distribuidas en seis regiones (oriental, central, occidental, nor-oriental, llanos, y sur-oriental). Para cada región existe una base territorial que funciona como base principal de esa área, y es la que controla a las demás bases que son en promedio cinco por cada región.

En el diseño propuesto en este trabajo de grado, la base que funciona como principal de una región específica, estará conectada mediante una red tipo estrella con las demás bases que se encuentren en la misma región, de ésta manera habrá una interconexión entre ellas. Este enlace se establecerá igualmente mediante tendido de fibra óptica Monomodo, con Metro-Ethernet como tecnología de enlace de datos. Para estos enlaces se puede contratar una velocidad de transmisión menor que el utilizado para el enlace con la WAN principal, debido a que el flujo de datos es mucho menor.

En la figura 15 se muestra el esquema de red que conectará la base territorial principal de una región “n” con las demás bases de dicha región. Adicionalmente, se establecen los protocolos escogidos tanto para la comunicación entre las centrales Elastix (IAX2) así como también para la comunicación con los teléfonos de cada sede (SIP). De igual forma éstas podrán comunicarse mediante la red de telefonía en caso de que la red de datos fallase.

del edificio, será el utilizado para la conexión. Se muestran tres puntos importantes que deben ser instalados los cuales son:

- Punto de red voz/datos para cubículos de cada agente.
- Punto de red para impresora/fax
- Punto de red voz/datos para supervisor de agente.

Adicionalmente, se recomienda dejar puntos de red vacíos en caso de que se requiera la conexión de otros dispositivos como pantallas para la supervisión del tráfico de llamadas. También se incorporan lámparas a manera de representar la iluminación óptima que debería tener el espacio destinado a dicho fin.

En el esquema ubicado en la parte izquierda de la figura 16, se observa que en la parte central de la oficina, se colocará un escritorio rectangular que tenga capacidad para 6 agentes (ó más) con sus respectivos equipos.

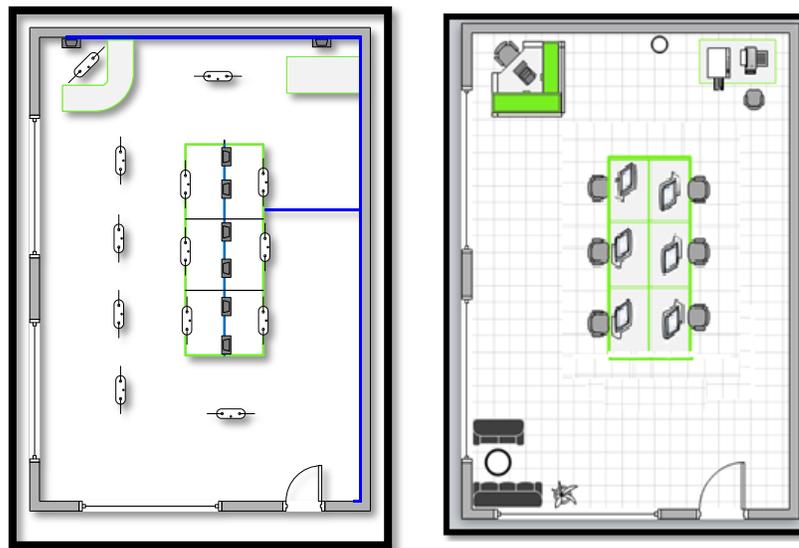


Figura 16. Distribución física y de cableado de la Oficina de Atención al Usuario.
Fuente: Elaboración propia

Cada uno de los agentes, estará ubicado en un cubículo dentro del escritorio, a diferencia del supervisor de agentes el cual tendrá un escritorio propio, representado en la esquina superior izquierda de la figura. Cada agente tendrá una computadora con acceso a internet (punto indispensable), un accesorio auricular llamado diadema que permite hablar y escuchar al usuario que llama, y un teléfono fijo con una extensión configurada para en caso de que falle el sistema se puedan atender a los usuarios por medio de la central telefónica normal.

Según los cálculos realizados en la parte de diseño, se obtuvo un mínimo de seis agentes para soportar el tráfico de llamadas esperado así como también una serie de factores que afectaba en la calidad del servicio a brindar.

5.4.3. Tercera fase

La 3era y última fase correspondió a la implementación de un call center piloto en el sistema de comunicación unificada ELASTIX, previamente seleccionado para el funcionamiento del mismo.

A continuación, se muestra detalladamente cada uno de los pasos requeridos para la correcta implementación de un call center y adicionalmente se muestran capturas de pantalla de asterisk-CLI en donde evidencian las pruebas del funcionamiento del mismo.

Como primer paso se descargó directamente desde la interfaz web de Elastix V 2.3.0, el módulo de Call Center versión 2.1.99-3.alpha a través de la pestaña **“Addons”**.

Una vez instalado, se puede comprobar que esté activado ingresando a la pestaña **System>Dashboard>Processes Status** y verificar que el proceso **Elastix Call Center Service** se encuentre en estado **Running**, tal como se muestra en la figura 17.

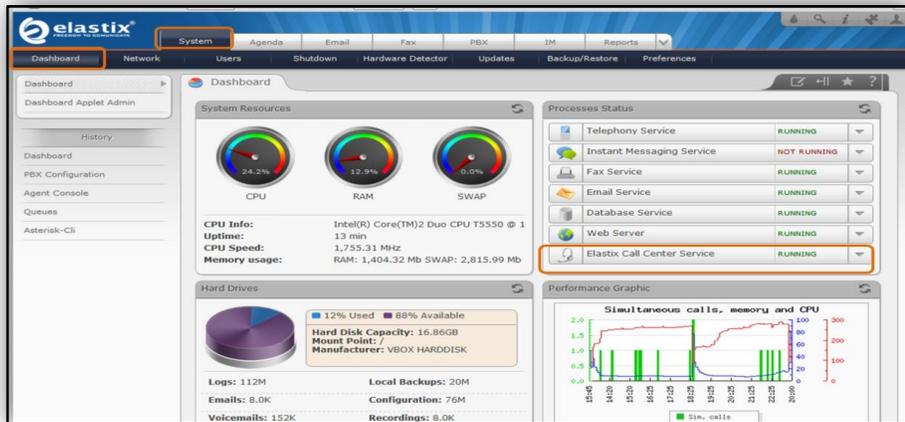


Figura 17. Instalación del módulo de Call Center en Elastix.
Fuente: Elaboración propia

Una vez instalado dicho módulo, se llevaron a cabo una serie de pasos y configuraciones que fueron necesarias para llevar a cabo la implementación piloto del Call Center, los cuales se explican detalladamente a continuación:

5.4.3.1. Creación de extensiones

Para crear una extensión, se ingresó a las pestañas **PBX>PBX Configuration>Extensions>Add Extension**. A efectos de la implementación piloto, se crearon ocho extensiones con las cuales se realizaron las pruebas pertinentes. En la imagen se muestra el procedimiento de creación de una extensión y en el extremo derecho, se observan las extensiones que ya han sido creadas.

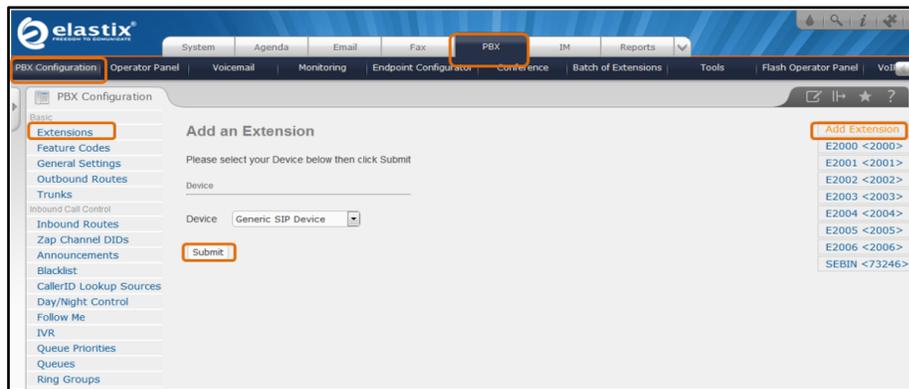


Figura 18. Creación de extensiones en Elastix.

Fuente: Elaboración propia

5.4.3.2. Creación de Agentes.

Los Agentes, como se menciona en capítulos anteriores, son los encargados de contestar las llamadas y brindar soporte o soluciones a los usuarios que hagan uso del servicio.

Para crear un nuevo agente se ingresó a las pestañas *Call Center>Agent Options>Show Filter>New Agent*. Al darle click en el link New Agent, se desplegará una ventana en la cual se colocaron los datos correspondientes a cada agente.

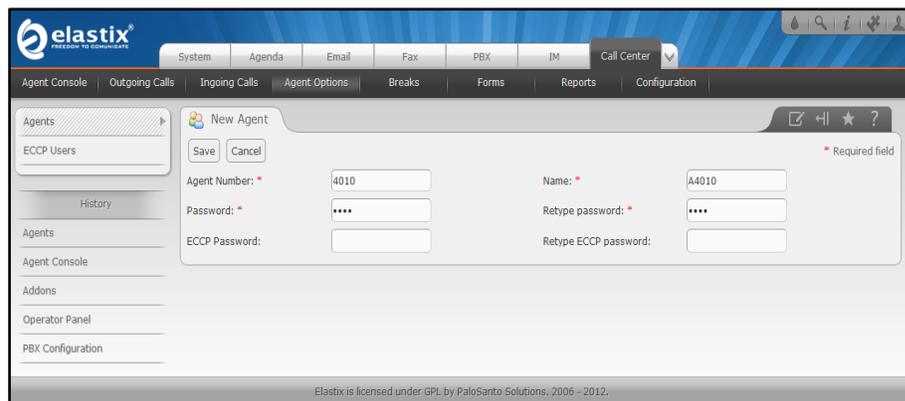


Figura 19. Creación de agentes en Elastix.

Fuente: Elaboración p

- Número de agente: Número con el cual ingresará a la consola de agente y accederá en el sistema como tal. En éste caso se crearon seis agentes con los números 3001-3010 respectivamente.
- Nombre de agente: Nombre con el cual será visto en la consola de agente, en éste caso se tomó el patrón AXXXX, donde las Xs representan el número de agente.
- Password: Contraseña con la cual accederán en el sistema para poder acceder como agente.

Luego de creados los seis agentes, al entrar a las pestañas *Agent Options* > *Agent*, debería salir la lista de todos los agentes creados con sus respectivos números.

5.4.3.3. Creación de Colas

Las colas es un mecanismo que implementa Asterisk para simular una fila compuesta por cada uno de los usuarios que tratan simultáneamente de acceder a uno de los servicios ofrecidos por en Call Center, estos usuarios son distribuidos según el orden de llegadas y se van atendiendo paulatinamente cada vez que se va desocupando uno de los agentes.

Para crear una cola se debe ingresar a la *PBX* > *PBX Configuration* > *Queues* > *Add Queues*

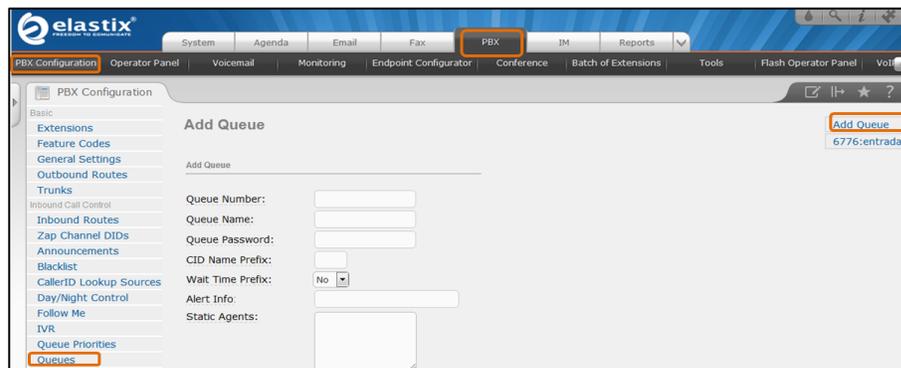


Figura 20. Creación de colas en Elastix.
Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la imagen anterior, luego de seleccionar Add Queues se desplegará una imagen en donde se requerirá de una serie de parámetros, muchos de ellos se dejan con los valores que traen por defecto. A continuación definiremos los parámetros que se utilizaron en esta implementación piloto:

- Queues Number: número de la cola (se le puede asignar cualquier valor), en este caso se le definió como 6776.
- Queues Name: nombre que identificación de la cola. El nombre asignada en esta implementación es “entradas”.
- Static Agents: aquí se agregan agentes estáticos de forma manual. Se definieron diez (10) agentes, los cuales se establecieron de manera estática en esta cola, dichos agentes esta identificados como (A3001, A3002, A3003,..., A3010).
- Max Wait Time: tiempo que una persona puede estar esperando en la cola antes de ser removido de la misma.
- Max Callers: número máximo de personas que puede soportar esta cola. Se definió como tope una cantidad de veinte (20) personas.
- Ring Strategy: esta es una estrategia de marcado que se utiliza para atender las llamadas de la cola. Para dicha implementación se seleccionó “Ringall” lo que permitirá timbrar a todos los agentes registrados en la cola hasta que alguno conteste la llamada.

- Fail Over Destination: aquí seleccionamos la troncal que permitirá ingresar las llamadas provenientes de cualquier Base del SEBIN a dicha cola. En este Caso se seleccionó “Trunk” y “PBX B (SIP)”.

Al tener definidos cada uno de estos parámetros se seleccionó “*submit changes*” y posteriormente se aplicaron los cambios mediante “*Apply Configuration Changes Here*”. Luego de realizar todos estos pasos dicha Cola se hizo visible en el extremo derecho de la pestaña correspondiente a las Colas (Queues) lo que indico que estaba lista para ser utilizada.

5.4.3.4. Creación de Rutas entrantes (Inbound Routes)

Permite que llamadas externas a la sede principal ingresen a la misma mediante una ruta previamente establecida. Para realizar la configuración correspondiente a dicha ruta fue necesario la ejecución de los siguientes pasos: seleccionar la pestaña de “*PBX*”> “*PBX Configuration*”> “*Inbound Routes*”.

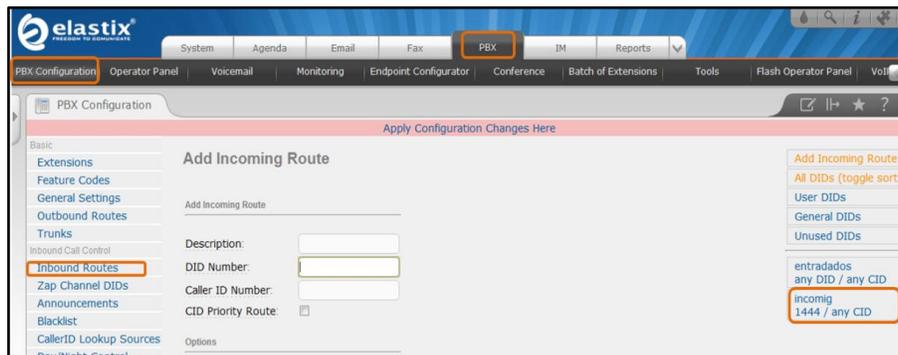


Figura 21. Creación de rutas entrantes en Elastix.

Fuente: Elaboración propia

Al seleccionar “*Inbound Routes*” automáticamente se despliega el formulario requerido para la configuración. En este caso al igual que en el establecimiento de las Colas existen una serie de parámetros que se mantienen con su configuración por defecto pero, existen algunos que requiere de una configuración especial en base a

los requerimientos específicos de determinados Call Center, para esta implementación se delimitaron los siguientes puntos:

- **Descriptions:** permite realizar una breve descripción de la ruta a configurar, en este caso se definió como “incoming”.
- **DID Number:** número de identificación de la ruta de llamadas entrantes, para este caso establecida como 1444.
- **Set Destination:** en este parámetro se define la troncal por donde ingresarán las llamadas entrantes provenientes de las distintas Bases del SEBIN a nivel nacional. A efectos de esta implementación se selecciono la troncal “PBXB” siendo esta la única troncal establecida para la implementación piloto.

Como punto final para el correcto establecimiento de dicha ruta, fue necesario el suministro y aplicación de cada uno de los parámetros mencionados anteriormente. Luego se estableció en la parte derecha de la pestaña correspondiente a “Inbound Routes” “*Incoming/1444*” lo que indica que fue creada satisfactoriamente.

5.4.3.5. Creación de formularios

Los formularios se crearon con el objetivo de recolectar la información de los usuarios que llamen al módulo de Call Center, y así tener un control de reportes.

Para la creación de formularios, ingresamos a la pestaña ***Call Center>Form>Form Designer>Show Filter>Create New Form***, tal como se muestra en la imagen.



Figura 22. Creación de formularios en Elastix.
Fuente: Elaboración propia

El formulario creado para llamadas entrantes, consta de los siguientes campos:

Fecha: Correspondiente a D/M/A	Área de trabajo (Cargo): área y cargo que desempeña la persona que llama.
Nombre: Nombre de la persona que llama	Soporte tipo: Tipo de soporte requerido (Telefonía, Datos, Otro).
Apellido: Apellido de la persona que llama	Descripción: Características del reporte efectuado.
Base(ubicación): Ubicación de la base de donde está llamando.	Status: Indica el estado del reporte, (Solventado, En proceso, no solventado).

Tabla 18. Formulario configurado para el call center en Elastix.
Fuente: Elaboración propia

En la imagen se observa el formulario con los campos correspondientes creados en Elastix.

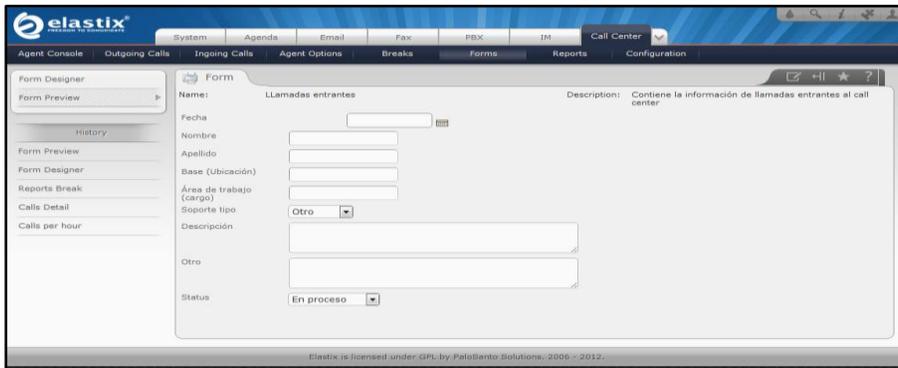


Figura 23. Creación de formularios en Elastix
Fuente: Elaboración propia

5.4.3.6. Configuración del IVR

Para la configuración fue necesaria la previa grabación de cada uno de los mensajes que conformaran dicho IVR. Dichas grabaciones se realizan mediante los siguientes pasos: seleccionar *PBX > PBX Configuration > System Recording*. Lo que desplegara la siguiente pestaña:



Figura 24. Creación de IVR en Elastix.

Fuente: Elaboración propia

Al desplegarse esta pestaña, te ofrece dos opciones para realizar las grabaciones, la primera mediante un teléfono y la segunda mediante grabaciones realizadas desde cualquier otro programa, esta ultima tiene la limitante de que antes de realizar las grabaciones se deben preestablecer algunos parámetros para que sea compatible, como se indica en dicha pestaña. En esta implementación se realizaron las diferentes grabaciones mediante un softphone (3CX Phone) configurando la extensión 3011 para realizar dicha labor. Posteriormente se realizaron los siguientes pasos:

- Se inicio el softphone (3CX Phones) desde la extensión 3011, se marco *77 y luego de escuchar un “beep” se procedió a grabar el primer mensaje, al terminar de grabar el mensaje se marca la tecla “#” para indicar el fin de la grabación, luego se marca “1” para escuchar el mensaje grabado, de estar correcto se procede a colgar la llamada.



Figura 25. Grabación del IVR en Elastix
Fuente: Elaboración propia

- Luego de realizar la grabación, se procedió a guardar la mismas con el nombre correspondiente en la pestaña “System Recording”, como se muestra a continuación:



Figura 26. Guardar las grabaciones del IVR en Elastix.
Fuente: Elaboración propia

- Al guardar la grabación con el nombre correspondiente, automáticamente se estableció en la parte superior derecha de la pestaña un enlace con el nombre “Bienvenida”, siendo este el lugar donde se registraron cada una de las grabaciones realizadas. Este procedimiento se realizó cuatro (4) veces debido a que el diseño correspondiente al IVR requería de las siguientes grabaciones: Bienvenida, menú_prin, número inválido y despedida. A

continuación se muestra el registro de las grabaciones realizadas:

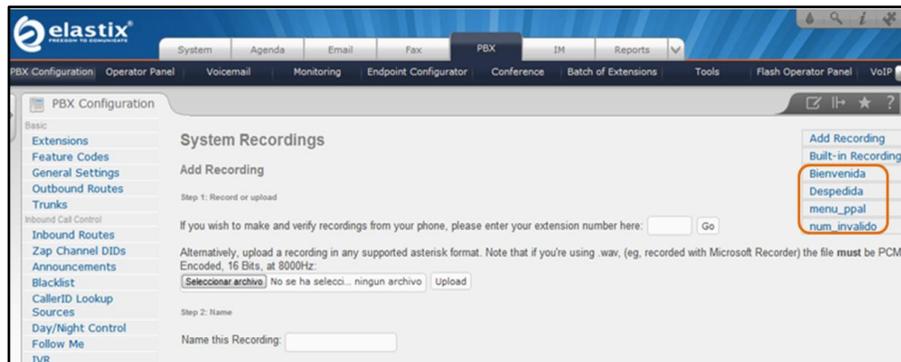


Figura 27. Evidencia de las grabaciones del IVR en Elastix.
Fuente: Elaboración propia

- Luego de tener todas las grabaciones necesarias se realizó la configuración del IVR. Se implemento un IVR de múltiples audios. Para realizar esta configuración fue necesario ejecutar los siguientes pasos: seleccionar la pestaña PBX> PBX Configuration> IVR> Add IVR

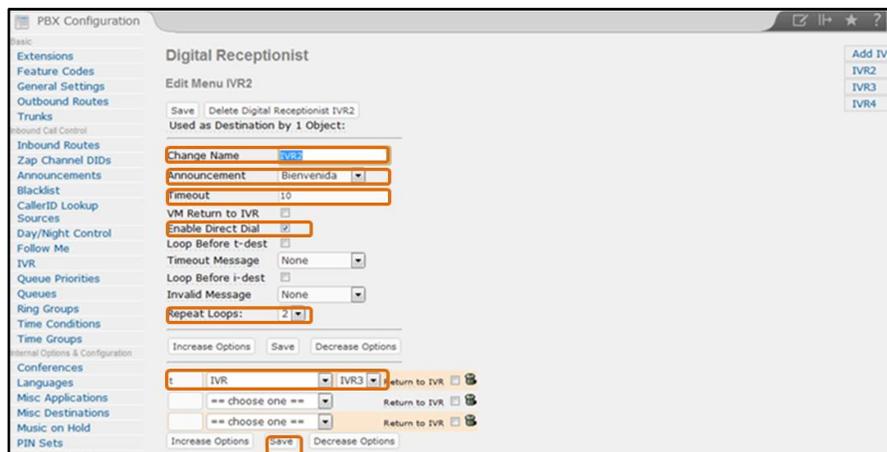


Figura 28. Configuración del IVR en Elastix.
Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la Figura 28, fue necesaria la creación de tres (3) IVR, a los cuales se les asigno el nombre de IVR2, IVR3 e IVR4, correspondientes a Bienvenida, Menú principal y Despedida respectivamente. Para la creación de cada

uno de estos fue necesaria la configuración de los parámetros indicados anteriormente en dicha figura.

5.4.3.7. Configuración del Call Center entrante

Para estructurar el Call Center de manera que reciba llamadas externas, bien sean provenientes de bases remotas ó directamente de la PSTN, es necesario configurarlo como Call Center Inbound (Call Center Entrante).

Para su correspondiente configuración, fue necesario ingresar a las pestaña *Call Center > Ingoing Calls* respectivamente. Una vez ubicados en dicha ventana, en el extremo izquierdo se despliegan tres opciones correspondientes a : Queues (Colas), Clients (Clientes), Ingoing Campaigns (Campañas entrantes) como se muestra en la Figura 29.



Figura 29. Configuración de llamadas entrantes al call center en Elastix.
Fuente: Elaboración propia

5.4.3.7.1. Colas

Para la configuración de la cola para llamadas entrantes, se utilizó una cola ya creada, en éste caso la cola que se utilizó fue la 1221. Para seleccionar la cola, se

ingresa a la pestaña *Queues*>*Show Filter*>*Select Queue* tal como se muestra en la imagen siguiente.

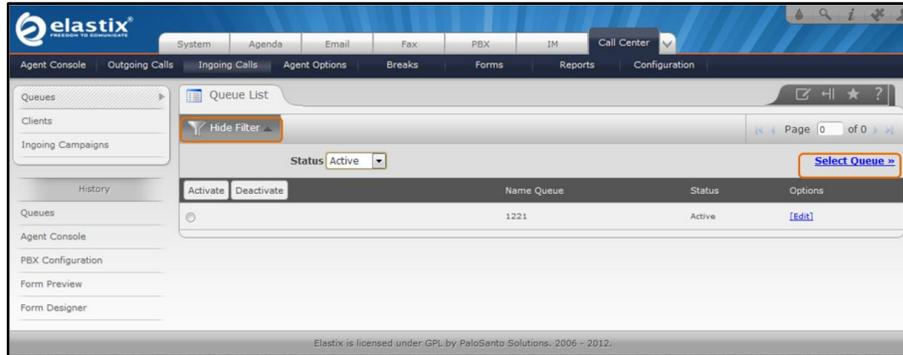


Figura 30.Selección de la cola para llamadas entrantes al call center en Elastix.
Fuente: Elaboración propia

Al darle click a *Select Queue*, se muestra una ventana con un botón desplegable en el cual están las colas que se crearon anteriormente, ahí se escogió la cola 1221 para llamadas entrantes. Luego de escogida se revisó el *status* de la misma verificando que estuviese en *Active*.

5.4.3.7.2. Campañas entrantes

Para la creación de una campaña entrante, se ingresa a la pestaña *Ingoing Campaigns* > *Show filter* > *Create New Campaign* (similar al paso de configurar colas). Luego de este paso, se despliega una ventana con un formulario, en el cual se configura la campaña.

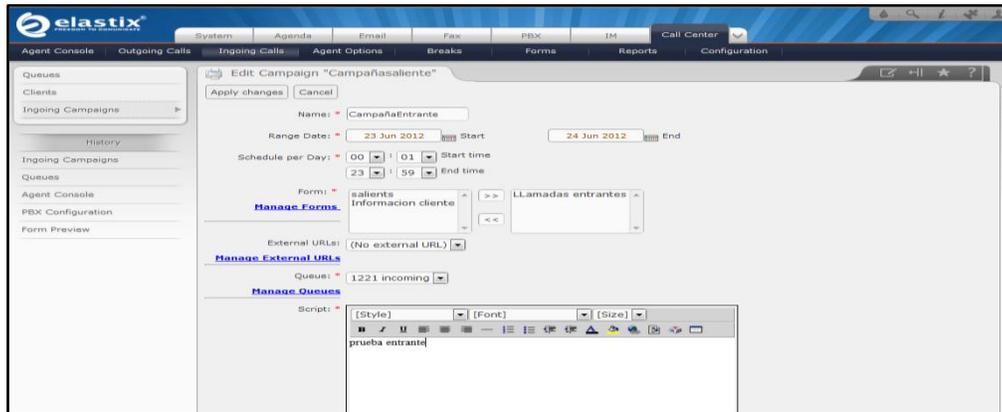


Figura 31. Configuración de Campañas entrantes para el call center en Elastix.

Fuente: Elaboración propia

Los campos correspondientes a la configuración son los siguientes:

- Name: Nombre que se le asigna a la campaña entrante. En este caso se le asignó “CampañaEntrante”.
- Range date: Corresponde al rango de duración que tendrá la campaña. En este caso se le asignó una duración de un mes para efectos de las pruebas a realizar.
- Schedule per day: Corresponde a la duración en horas que tendrá la campaña durante cada día. Para efectos de prueba, se escogió la máxima duración, es decir las 24 horas por cada día.
- Form: En éste campo se elige el/los formularios que son necesarios para la recolección de datos de los usuarios que llamen al Call Center. En este caso, se escogió el formulario correspondiente a “Llamadas entrantes” creado anteriormente, el cual aparecerá en la pantalla de cada agente a la hora de que una llamada entre al call center.
- Queue: Se escoge la cola que se delimitó para llamadas entrantes.
- Script: Es un mensaje que aparecerá cuando se genere una llamada entrante.

5.4.3.7.3. Clientes

En esta opción se puede cargar un archivo con los datos de los posibles “clientes” del call center, en este caso serían los usuarios fijos tanto de la sede principal como de las bases que gozarán del servicio. Se creó un archivo .csv en el cual se ingresaron 10 datos como simulación de usuarios, siguiendo el siguiente patrón: “teléfono”, ”nombre”, ”área”, ”Base”. Esto con la finalidad de mostrar en la pantalla del agente, los datos del usuario que llama al call center.

5.4.3.8. Pruebas

5.4.3.8.1. Llamadas internas

Esta prueba corresponde a la verificación de transmisión de voz entre terminales pertenecientes a la misma sede. Dicha prueba se realizó mediante el uso de softphones (3CX y Xlite) y teléfonos ip con los que cuenta la institución.

El procedimiento que se utilizó, consistió en asignarle un número de extensión referencial (debido a políticas de seguridad) a cada terminal, con el fin de probar la comunicación entre ellos mediante el uso del sistema de comunicaciones unificadas Elastix.

En la figura 32 , se muestra el status en tiempo real de la llamada establecida entre dos terminales. Cada una de las extensiones que se encuentran en color naranja oscuro representa cada una de las extensiones configuradas que están en línea. El símbolo resaltado en amarillo, indica el correcto establecimiento de la llamada en tiempo real, mostrando los terminales involucrados y la duración de la misma.



Figura 32. Prueba de llamada interna.
Fuente: Elaboración propia

5.4.3.8.2. Llamadas entre dos bases

Para la comunicación entre la sede principal y cada base, se estableció una troncal IAX2 (vía internet por no disponer de un enlace dedicado ni una vpn). Para representar dicha conexión se realizaron pruebas con dos computadoras las cuales se identificaron con el nombre de Principal y Base 1 representando la sede principal y una base respectivamente.

En la figura 34 se muestra el establecimiento de la comunicación entre Principal y Base1 en tiempo real mediante la troncal IAX2, la cual se encuentra en color naranja oscuro indicando que está activa. La extensión resaltada en amarillo (E2002) representa una extensión de Base1, la cual mantiene una llamada con la sede principal como se evidencia.

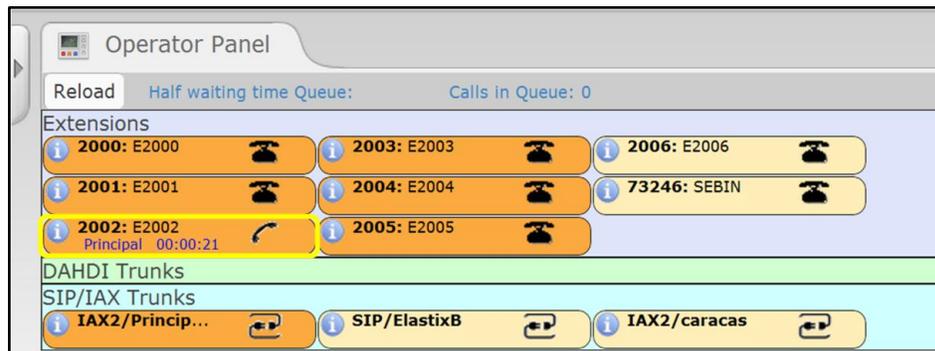


Figura 33. Prueba de llamadas mediante una troncal IAX2.
Fuente: Elaboración propia

El establecimiento de la llamada, tanto de la sede Principal como de Base1, observado desde la consola se muestra a continuación:

Sede Principal



Base 1



Sede principal

```
l1p-4,s,1") in new stack
-- Executing [s@macro-dialout-trunk:13] Set("SIP/3012-00000025", "OUTNUM=200
2") in new stack
-- Executing [s@macro-dialout-trunk:14] Set("SIP/3012-00000025", "custom=IAX
2/Base1") in new stack
-- Executing [s@macro-dialout-trunk:15] ExecIf("SIP/3012-00000025", "0?Set(D
IAL_TRUNK_OPTIONS=M(setmusic^default))") in new stack
-- Executing [s@macro-dialout-trunk:16] Macro("SIP/3012-00000025", "dialout-
trunk-predial-hook,") in new stack
-- Executing [s@macro-dialout-trunk-predial-hook:1] MacroExit("SIP/3012-0000
0025", "") in new stack
-- Executing [s@macro-dialout-trunk:17] GotoIf("SIP/3012-00000025", "0?bypas
s,1") in new stack
-- Executing [s@macro-dialout-trunk:18] GotoIf("SIP/3012-00000025", "0?custo
mtrunk") in new stack
-- Executing [s@macro-dialout-trunk:19] Dial("SIP/3012-00000025", "IAX2/Base
1/2002,300,") in new stack
-- Called IAX2/Base1/2002
-- Call accepted by 192.168.1.109 (format gsm)
-- Format for call is gsm
-- IAX2/Base1-18170 is ringing
-- IAX2/Base1-18170 is ringing
-- IAX2/Base1-18170 stopped sounds
-- IAX2/Base1-18170 answered SIP/3012-00000025
Principal*CLI> _
```

Figura 34. CLI de Principal.
Fuente: Elaboración propia.

Observación: Para la implementación piloto, se utilizó el códec GSM para llamadas que utilizaran la troncal IAX2 (Entre dos bases diferentes), debido a que no se contaba con la licencia necesaria para el códec G.729 propuesto en el diseño.

Base 1:

```
) in new stack
-- Goto (macro-dial-one,s,30)
-- Executing [s@macro-dial-one:30] Set("IAX2/Principal-916", "D_OPTIONS=tr")
in new stack
-- Executing [s@macro-dial-one:31] ExecIf("IAX2/Principal-916", "0?SIPAddHea
der(Alert-Info: )") in new stack
-- Executing [s@macro-dial-one:32] ExecIf("IAX2/Principal-916", "0?SIPAddHea
der()") in new stack
-- Executing [s@macro-dial-one:33] ExecIf("IAX2/Principal-916", "0?Set(CHANN
EL(musicclass)=)") in new stack
-- Executing [s@macro-dial-one:34] GosubIf("IAX2/Principal-916", "0?qwait,1"
) in new stack
-- Executing [s@macro-dial-one:35] Set("IAX2/Principal-916", "__CWIGNORE=")
in new stack
-- Executing [s@macro-dial-one:36] Set("IAX2/Principal-916", "__KEEPCID=TRUE
") in new stack
-- Executing [s@macro-dial-one:37] Dial("IAX2/Principal-916", "SIP/2002," ,t
r") in new stack
== Using SIP RTP TOS bits 184
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called SIP/2002
-- SIP/2002-0000001c is ringing
-- SIP/2002-0000001c is ringing
-- SIP/2002-0000001c answered IAX2/Principal-916
Base1*CLI> _
```

Figura 35. CLI de Base 1.
Fuente: Elaboración propia.

5.4.3.8.3. Prueba de llamadas entrantes y salientes provenientes de PSTN

Instalación de hardware

Para realizar dicha prueba, fue necesario la instalación de dos tarjetas de telefonía analógicas FXO (ver Anexo B), ya que por las limitaciones de tiempo con las cuales se contaba para éste trabajo de grado, no fue posible realizar la prueba con los E1, debido a que los mismos requerían una nueva configuración a nivel de señalización, (que se adaptara a los cambios que necesita el nuevo diseño a implementar), la cual dependía directamente del proveedor de servicios, en este caso la CANTV. Por ésta razón se adaptaron tarjetas de telefonía analógica que cumplen con la misma función que un E1, con la diferencia de que con un módulo E1 se disponen de 30 circuitos digitales para realizar llamadas simultáneamente, mientras que con una tarjeta que posea módulos FXO sólo se cuenta con una línea telefónica a la vez.

Una vez realizada la instalación física de la tarjetería en el servidor, fue necesario la detección y la configuración de dicha tarjeta, que se llevó a cabo a través de la interfaz web de Elastix mediante los siguientes pasos: **System>Hardware Detector**

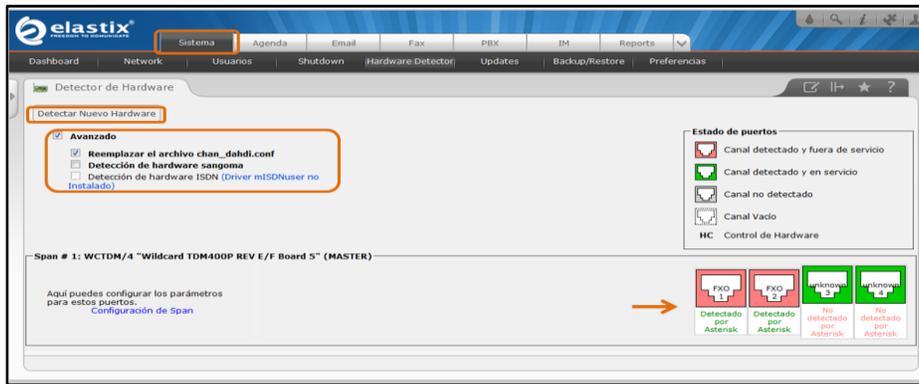


Figura 36. Detección de tarjeta.
Fuente: Elaboración propia.

Una vez que la tarjeta fue detectada por Elastix, se utilizaron dos líneas telefónicas provenientes directamente de la PSTN las cuales se encontraban libres. Cada línea está representada por un par de cobre, los cuales se conectaron en cada uno de los puertos FXO de la tarjeta analógica previamente instalada. (ver Anexo C)

Después de conectadas las líneas, el status de los puertos cambia de color rojo a verde, indicando que ya están en servicio, como se muestra en la siguiente figura:

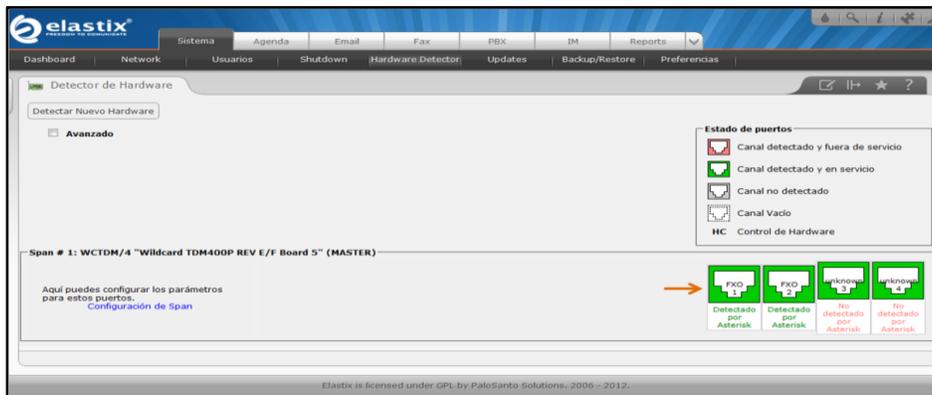


Figura 37. Indicador del funcionamiento de los puertos FXO.
Fuente: Elaboración propia.

Creación de troncales DAHDI

Para la comunicación con la PSTN, fue necesaria la creación de dos troncales DAHDI (una para llamadas salientes y otra para llamadas entrantes). Las troncales se crearon mediante los siguientes pasos: **PBX > PBX Configuration > Trunks > DAHDI trunk**.

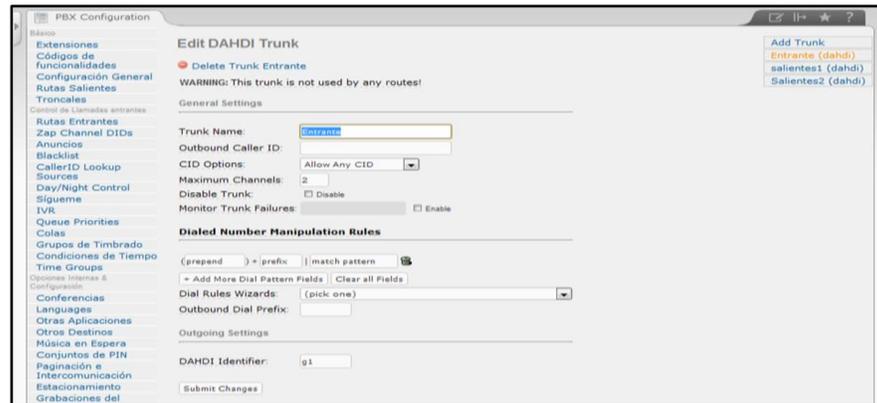


Figura 38. Creación de troncal DAHDI.
Fuente: Elaboración propia.

Los parámetros necesarios a configurar, para el funcionamiento de las troncales, son *Trunk Name*, *Maximum Channels* (correspondientes a el número de puertos FXO), *DAHDI identifier* (grupo para el filtrado de usuarios).

Las troncales para llamadas entrantes y salientes, se realizaron bajo el mismo procedimiento, y una vez creadas se observan en extremo superior derecho de la pestaña como se evidencia en la figura 38, con los nombres de “Entrante” y “Salientes2” respectivamente.

Creación de rutas entrantes y salientes.

Una vez creadas las troncales, fue necesaria la configuración de rutas de entrada y salida.

La configuración de la ruta de entrada, se muestra en la figura 39.

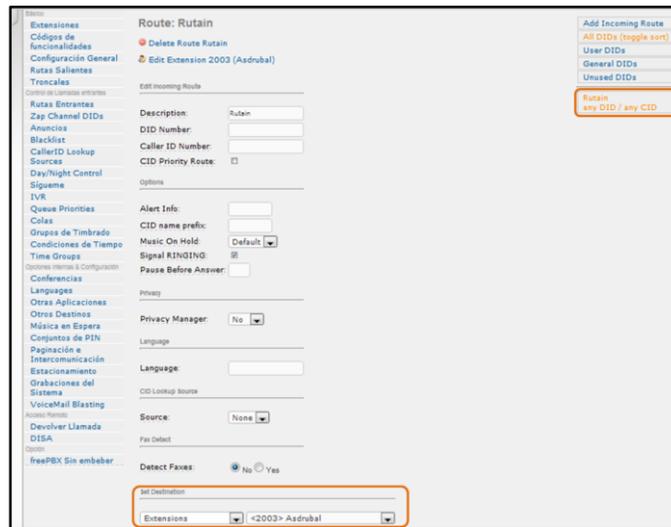


Figura 39. Creación de rutas de entrada.

Fuente: Elaboración propia.

Para comprobar el correcto funcionamiento tanto de la troncal como de las rutas entrantes, se realizaron dos pruebas:

- 1) Dirigir las llamadas entrantes (provenientes de la PSTN), a una extensión cualquiera previamente configurada en el servidor Elastix.
- 2) Desviar las llamadas entrantes (provenientes de la PSTN), al IVR previamente configurado en el call center.

Observación: Ambas pruebas se ejecutaron con tan sólo cambiar el destino de las llamadas en la pestaña *Set Destination*, resaltada en la figura 39.

La configuración de la ruta saliente se muestra en la figura 40.

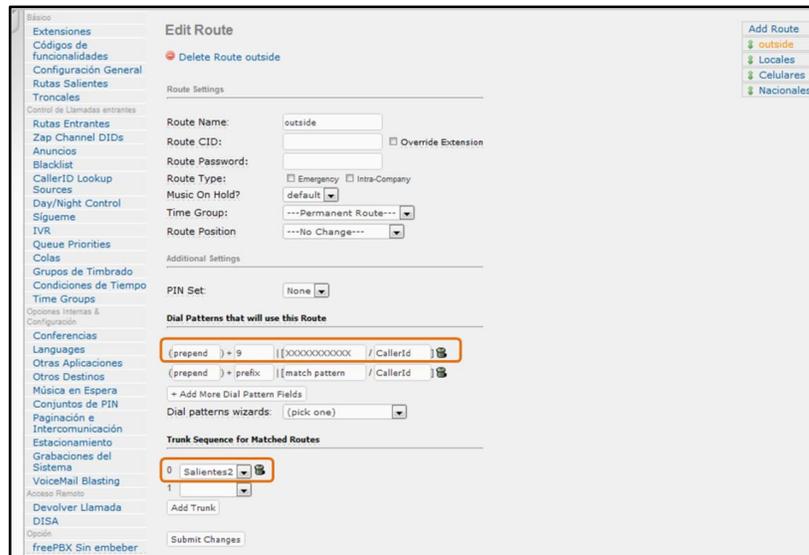


Figura 40. Configuración de rutas salientes.

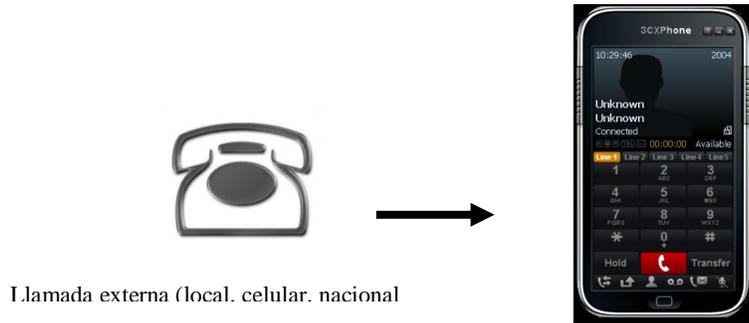
Fuente: Elaboración propia.

Se estableció un prefijo específico, que le indicará a Elastix que se requiere realizar llamadas a las PSTN. En éste caso, se colocó el prefijo “9”, seguido de once equis (XXXXXXXXXXXX), para indicar cualquier combinación de once dígitos (incluye celulares y llamadas al interior del país).

La ruta saliente, utilizará una troncal DAHDI, la cual se creó anteriormente con el nombre “Salientes2”

5.4.3.8.4. Prueba llamada entrante (Número externo → Línea SEBIN)

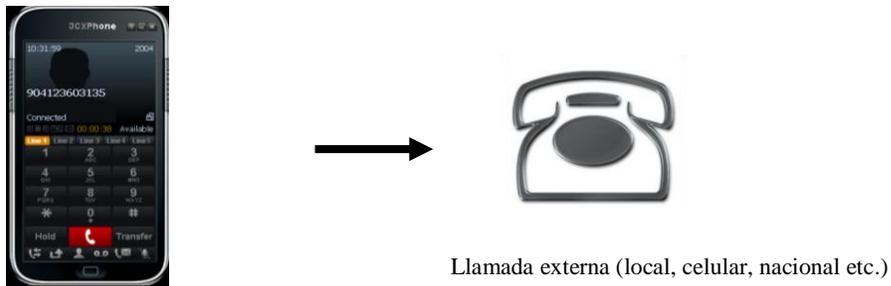
A efectos de prueba, se configuró que las llamadas entrantes se desviarán a una determinada extensión para poder ser atendidas. En ésta prueba se utilizó la extensión número 2004.



```
-- Executing [s@macro-dial-one:35] Set("DAHDI/1-1", "CWIGNORE=") in new stack
-- Executing [s@macro-dial-one:36] Set("DAHDI/1-1", "KEEPCID=TRUE") in new stack
-- Executing [s@macro-dial-one:37] Dial("DAHDI/1-1", "SIP/2004,"tr") in new stack
== Using SIP RTP TOS bits 184
== Using SIP RTP CoS mark 5
-- Called SIP/2004
-- SIP/2004-00000032 is ringing
-- SIP/2004-00000032 is ringing
-- SIP/2004-00000032 answered DAHDI/1-1
PBXelastix*CLI> █
```

Figura 41. Llamada entrante vista desde el CLI.
Fuente: Elaboración propia.

Prueba llamada saliente (Línea SEBIN → Número externo)



```
-- Executing [s@macro-dialout-trunk:19] Dial("SIP/2004-00000034", "DAHDI/g1/04123603135,300,") in new stack
-- Called DAHDI/g1/04123603135
-- DAHDI/1-1 answered SIP/2004-00000034
PBXelastix*CLI> █
```

Figura 42. Llamada entrante vista desde el CLI.
Fuente: Elaboración propia.

Para dicha prueba, se utilizó un dispositivo móvil desde el cual se llamó a uno de los números telefónicos correspondientes a las líneas utilizadas.

Adicionalmente, se realizaron dos llamadas simultáneas, y se evidenció que cada línea tomaba una llamada entrante estableciéndose la comunicación. Al realizar una tercera llamada (aún con las dos líneas en uso), Elastix automáticamente genera al llamante el tono de línea ocupada.

1) Llamada entrante (Número cualquiera → Número SEBIN → IVR)

Para direccionar una llamada al IVR, es necesario configurar en la ruta entrante (destinada a llamadas de la PSTN), el parámetro “*Set Destination*”, el cual en este caso se establecerá en IVR, tal como se muestra en la figura 43.

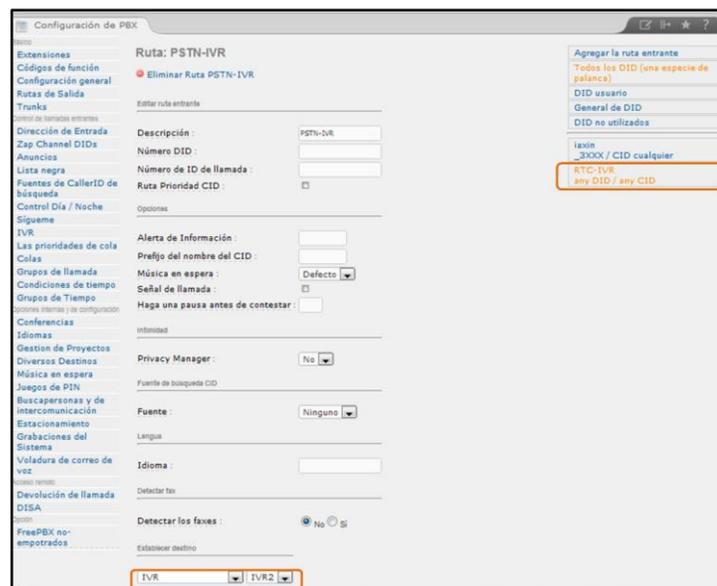


Figura 43. Direccionar llamadas al IVR.
Fuente: Elaboración propia.

Cuando la llamada ingresa al IVR, se despliegan todas las opciones que éste ofrece, en el cual la persona que llama escogerá la opción de acuerdo a su

requerimiento. En el caso de querer comunicarse con agentes, inmediatamente ingresarán a la cola establecida para llamadas entrantes del call center, desplegándose en la consola de agente una ventana como la mostrada en la figura 44, indicando que ha entrado una llamada la cual debe atender.

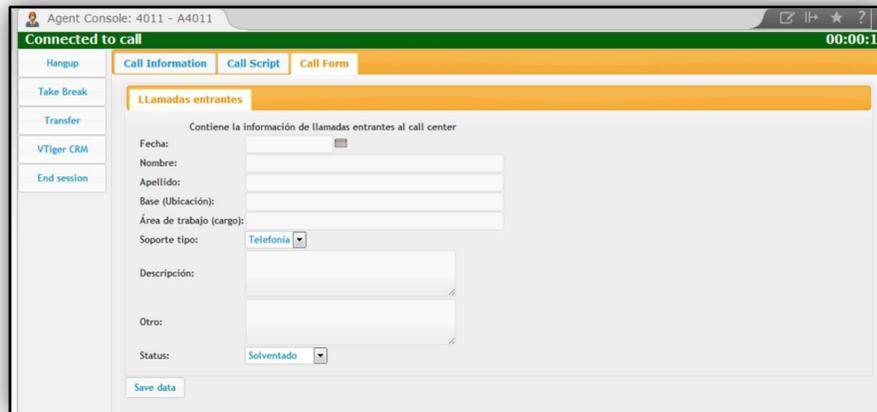


Figura 44. Consola del Agente.
Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura 44, al momento de que ingrese una llamada, en la consola de agente, en la pestaña “*Call Form*” se despliega el formulario previamente creado con los campos que cada agente debería rellenar de acuerdo a la información suministrada por cada usuario que haga uso del módulo de Call center

5.4.3.9. Seguridad en Elastix

Elastix, por ser un software de comunicaciones unificadas, necesita de un sistema de seguridad robusto que permita la protección de archivos y tráfico de datos. Dicho software incluye un módulo para la gestión de Firewall y adicionalmente permite realizar y visualizar auditorías de seguridad de las operaciones efectuadas utilizando la interfaz web de Elastix.

Para activar el firewall, se da click en las pestañas **Security > Firewall Rules > Activate Firewall**, y debe salir un mensaje de alerta el cual indica que el firewall ha sido activado.

Una vez activado el firewall, permite editar el puerto, protocolo, interfaz, tráfico y target, según las necesidades y requerimientos de seguridad.

Otro método es utilizando IPTables por línea de comando, tomando en cuenta las interfaces que las cuales se quiera establecer mecanismos de seguridad. La forma de configurarlas se muestra a continuación en los siguientes casos:

- Aceptar el tráfico para el protocolo SIP
iptables -A Input -p udp -m udp -i eth0 --dport 5060 -j ACCEPT

Mediante dichos comandos se establecen reglas simples que permitan el acceso desde el adaptador de la interfaz

- A: significa anexar a la cadena (INPUT en este caso) una nueva regla.
- p udp -dport : se añade a la cadena y establece que los paquetes que entran en el protocolo UDP (-p udp) por el puerto 5060 (--dport 5060), debe ser aceptado.
- m udp: Se utiliza para cargar el estado de un módulo. En este caso udp.
- i: asigna dicha regla a todo el tráfico que pasa por la interfaz de red (en este caso eth0).
- j: Establece un salto a la acción ACCEPT

Tabla 19. Comandos de tráfico.
Fuente: Elaboración propia.

Otro ejemplo podría ser:

- Aceptar el tráfico para el protocolo IAX
iptables -A Input -p udp -m udp -i eth0 --dport 4569 -j ACCEPT

De ésta manera, se controla el tráfico entrante y saliente por los puertos que se requiera, y así poder establecer los mecanismos de seguridad necesarios para el establecimiento seguro de la comunicación de la institución.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En éste capítulo se presentan las conclusiones que se obtuvieron luego del desarrollo del presente trabajo especial de grado, así como también las recomendaciones que se consideraron pertinentes luego de finalizar el proyecto.

6.1. Conclusiones

El proyecto de investigación y desarrollo, se consideró factible en su totalidad, ya que se cumplieron todos los objetivos planteados, solventando los inconvenientes que se presentaron al momento de la implementación de una manera transparente y valiéndose de los recursos que fueron asignados por parte de la institución.

Para el desarrollo del sistema de interconexión, fue necesario en primer lugar realizar un levantamiento de información en el cual se establecieron las necesidades que se querían solventar así como las exigencias por parte de la institución (entiéndase persona, empresa, organismo ó afines). Esto se realizó con el fin de desarrollar una ingeniería de detalle en la cual se especificaron todas las características del equipamiento necesario (tanto de hardware como software) que hicieron posible el diseño y posterior implementación de la solución planteada.

Para el diseño del sistema de atención al usuario, fue necesario tomar en cuenta un conjunto de elementos importantes tales como análisis de tráfico mediante cálculos con modelos probabilísticos, análisis de calidad de servicio de las redes

involucradas, cantidad de recursos involucrados, tanto físicos como humanos, que harían posible un diseño robusto y confiable para su posterior implementación a nivel macro.

El call center per se, fue desarrollado bajo Elastix, el cual demostró ser un software robusto y funcional, permitiendo así cumplir con las expectativas que presentaba la institución, las cuales se irán incrementando a medida que la solución propuesta tome auge y determinación, a la hora de la implementación definitiva del sistema en general.

La solución planteada del diseño del módulo de atención al usuario, resultó ser exitosa ya que mediante la realización de pruebas locales y simulación de pruebas remotas, se logró el objetivo planteado por la institución en un principio, considerando que, por motivos de tiempo y de razones ajenas a nuestro alcance, no se pudo llevar a cabo la prueba con los equipos que se plantearon en un principio para el diseño final, sin embargo la implementación piloto se logró llevar a cabo en su totalidad en la sede principal del SEBIN.

Un sistema de interconexión así como un módulo que brinde atención al usuario, representa una solución eficaz y conveniente cuando una institución o empresa requiere constante comunicación con sus demás sedes.

Recomendaciones

- Dada la importancia del servicio de telefonía IP y dado que la sede principal del SEBIN será el centro de operaciones de la red, se sugiere implementar la señalización correcta de los E1, de modo que se puedan contar con los cuatro (4) módulos E1 trabajando a través del sistema de

comunicación unificada ELASTIX obteniendo un mayor porcentaje de rendimiento.

- Convocar a la mesa nacional en un plazo no mayor a un año, para realizar un estudio detallado correspondiente a cada una de las aplicaciones de gran relevancia dentro del Sistema de Comunicación del SEBIN con la finalidad de que se diseñe una plan minucioso para la implementación de Calidad de servicio en la sede principal como en cada una de las bases con las que se interconectara la misma, de modo que se pueda garantizar un buen servicio para aplicaciones de gran relevancia cuando la red se encuentre en estado crítico o de congestión

- Considerar la posibilidad de implementar un centro de monitoreo y control en donde se tenga un control las 24 horas del día del funcionamiento de la red a nivel nacional.

REFERENCIAS

(SCS), S. C. (n.d.). <http://www.iec.org/online/tutorials/>. Retrieved 2012 йил 06-Marzo

Alabau, A., & Riera, J. (1992). *Teleinformatica y redes de computadores*. Mundo electrónico.

Arévalo, F. (2003). http://www.univalle.edu.co/~telecomunicaciones/trabajos_de_grado/informes/tg_FernandoArevalo.pdf. Retrieved 2012 йил 10-febrero

Arias, F. G. (2006). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica*. Caracas: Episteme.

Astricon, E. (2005). <http://www.slideshare.net>.

Balestrini, M. (2002). *Cómo se elabora el Proyecto de Investigación*. Caracas: BL. Consultores Asociados. Servicio Editorial.

Basto, J. M. (2007 йил Julio). *Universidad Autónoma de Yucatán*. Retrieved 2012 йил Febrero from Implementación de una Red (VoIP) a través de software libre en el desarrollo de una pequeña central telefónica: : http://www.tizimin.uady.mx/tesis/tesis_final_jesus.pdf

Cao A, R. (2002). *Introducción a la simulación y teoría de colas*. A Coruña, España.

Capdehourat, G. (2006). *Análisis y Diseño de Call Centers*.

CISCO. (Febrero de 2006). *Voz sobre IP - Consumo de ancho de banda por llamada*. Recuperado el Diciembre de 2011, de http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk698/technologies_tech_note09186a0080094ae2.shtml

Ernesto Ariganello, E. B. (2010). *REDES CISCO. CCNP a fondo*. GaliNova

Ferrer-Rocca, O. (2001). *Telemedicina*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.

Flickenger, R. (2008). *Redes inalámbricas en los países de desarrollo*. Mexico: Hacker Friendly.

Fonality. (2010). www.trixbox.com.

García, T. V. (2010 йил Septiembre). *RECERCAT*. Retrieved 2011 йил Diciembre from SISTEMA DE SERVIDORES VOIP DEL PROYECTO GUIFI.NET:
http://www.recercat.net/bitstream/handle/2072/117457/PFC_TomasVelazquezGarcia.pdf?sequence=1

Garduño Aguilar, F. (2007 йил Mayo). Software para dimensionamiento de troncales para redes. Puebla, México.

Gorrotxategi, G. (2006). <http://documentacion.irontec.com>.

Hanon, A. I. (Mayo de 2005). *Introducción a las Redes*. Recuperado el 14 de Diciembre de 2011, de http://dnangelica.com/index.php?option=com_wrapper&Itemid=183

Herrera. (2003). *Tecnologías de redes y transmisión de datos*. Mexico: Limusa.

<http://members.fortunecity.es/sis04microondas/DOCREDES1.htm>. (n.d.).

Retrieved 10 йил 2012-febrero

Huidobro Moya, J. M., & Conesa Pastor, R. (2006). *Sistemas de telefonía*. Madrid: Thomson.

Jamrich Parson, J., & Oja, D. (2008). *Conceptos de computación. Nuevas perspectivas*. Ciudad de México: Cengage Learning.

Lam R, S. I. (2006 йил 21-09). Diseño y análisis financiero de la implantación de un call center con tecnología VoIP entre Ecuador y EEUU. Guayaquil, Ecuador.

Lema, M. S. (2005 йил Octubre). *Escuela Politécnica Nacional*. Retrieved 2011 йил Diciembre from <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/166/1/CD-0189.pdf>

Márquez, J. (2011). *Desarrollo de Ingeniería de detalle del sistema de comunicación del SEBIN*. Caracas.

Martín, J. C. (2010). *Infraestructuras comunes de telecomunicación en viviendas y edificios*. Madrid: Editex.

Ministerio del poder popular para la ciencia y tecnología. (n.d.). Retrieved 2011 йил 23-Noviembre from Software Libre: <http://www.softwarelibre.gov.ve>

Morales, C. (2010). *Ciscoredes*. Retrieved 2011 йил 13-Noviembre from <http://www.ciscoredes.com>

Ordinas, J. M., Iñigo, J., Llorente V, S., Marqués, J., Martí, R., Peig, E., et al. (2008). *Protocolos y aplicaciones de internet*. Barcelona: UOC.

Palet, J. (1994 йил Mayo). *Telefonía y Servicios Digitales*.

Palo Santo Solutions. (2012). *www.elastix.org*.

Pérez, E. H. (2003). *Tecnologías y redes*. Limusa. .

Rocha R, O. A. (2009). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN PARA LA DISTRIBUCIÓN DE LAS LLAMADAS EN MÚLTIPLES SERVIDORES ASTERISK MANEJANDO EL ACD PARA CALL CENTER BAJO LINUX. Bogotá, Colombia.

Roussomano, L. D. (n.d.). *Escuela de Ingeniería Eléctrica UCV*. Retrieved 2012 йил 24-Enero from PRESENTE Y FUTURO DE INTEGRACIÓN DE REDES DE VOZ SOBRE IP.

Tanenbaum, A. S. (2003). *Redes de computadoras*. Ciudad de México: Pearson.

Tech-Faq. (2012 йил 29-Marzo). *http://www.tech-faq.com/odu.html*. Retrieved 2012 йил 3-febrero

telecom, s. (2007 йил Julio). *http://searchtelecom.techtarget.com/definition/Metro-Ethernet*. Retrieved 2012 йил 14-febrero

Telefonía voz sobre ip. (n.d.). Retrieved 2011 йил 11-Noviembre from *http://www.telefoniavozip.com*

Torres, J (2006). Estudio comparativo entre las arquitecturas ISA y la Diffserv en una pasarela residencial con servicios de voz, datos y videos para el dimensionamiento de una red domótica. Universidad Politécnica Nacional Facultad de Ingeniería eléctrica y electrónica

UAO. (2003). *UAO (Universidad Autónoma de Occidente)*. Retrieved 2012 from *http://augusta.uao.edu.co/moodle/file.php/121/11_Poisson.pdf*.

Urmachea., M. G. (n.d.). *Redes*. <http://www.monografias.com>. Retrieved 2012 йил 06-Marzo

Villalón, J. L. (2008 йил Febrero). *securityartwork*. Retrieved 2012 йил Enero from VoIP: Protocolos de transporte.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Abreviaturas y Acrónimos

AGI	Asterisk Gateway Interface - Interfaz de entrada de Asterisk
API	Application Programming Interface - Interfaz de programación de aplicaciones
ATM	Asynchronous Transfer Mode – Modo de Transferencia Asíncrona
BRI	Basic Rate Interface - Interfaz de velocidad básica
BW	Bandwith - Ancho de Banda
CANTV	Compañía Anónima de Teléfonos de Venezuela
CBWFQ	Class-Based Weighted Fair Queueing - Clase Basada en la ponderación de colas equitativas
CCITT	International Telegraph and Telephone Consultative Committee - Comité Consultativo Internacional de Teléfonos y Telégrafos.
CÓDEC	Codificador / Decodificador
CoS	Class of Service
CPU	Central Processing Unit – Unidad Central de Procesamiento
DAHDI	Digium Asterisk Hardware Device Interface - Driver de hardware de tarjetería Asterisk.
DSCP	Differentiated Services Code Point- Servicios diferenciados Code Point
FXO	Foreign eXchange Office - Oficina de cambio extranjera
FXS	Foreign eXchange Station - Estación de cambio extranjera
GPL	General Public License - Licencia pública General
GSM	Global System for Mobile Communications - Sistema Global para

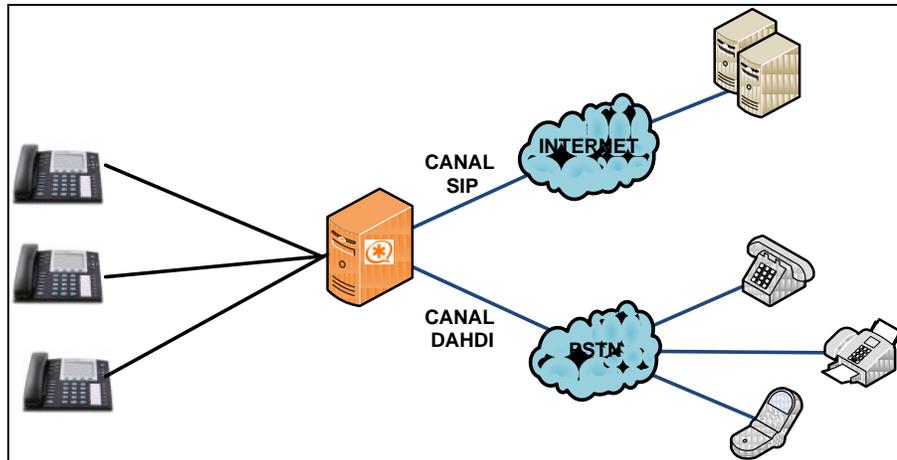
Comunicaciones Móviles

HTTP	Hypertext Transfer Protocol – Protocolo de Transferencia de Hipertexto
IAX2	Inter-Asterisk Xchange - Protocolo de intercambio entre centrales Asterisk
IM	Interactive Message - Mensajes Interactivos
IP	Internet Protocol – Protocolo de Internet
ISDN	Integrated Services Digital Network - Red de servicios digitales Integrados
ISO	International Organization for Standardization – Organización Internacional para la Estandarización
ITU	International Telecommunication Union - Unión Internacional de Telecomunicaciones
IVR	Interactive Voice Response - Respuesta de Voz Interactiva
LAN	Local Area Network – Red de Área Local
LLQ	Low Latency Queuing - Baja latencia de cola
MAC	Media Access Control – Control de Acceso al Medio
MGCP	Media Gateway Control Protocol - Protocolo de Control de dispositivos de comunicaciones
OSI	Open System Interconnection – Interconexión de Sistema Abierto
OSTI	Oficina de Sistemas y tecnologías de información
PABX	Private Automatic Branch Xchange - centralita automática privada
PBX	Private Branch Xchange - centralita telefónica privada
PHB	Per-Hop Behaviour - Comportamiento por salto
PRI	Primary Rate Interface - Interfaz de velocidad primaria
PSTN	Public Switching Telephone Network – Red de Telefonía pública conmutada
QoS	Quality of Service - Calidad de Servicio
RAM	Random Access Memory – Memoria de Acceso Aleatorio

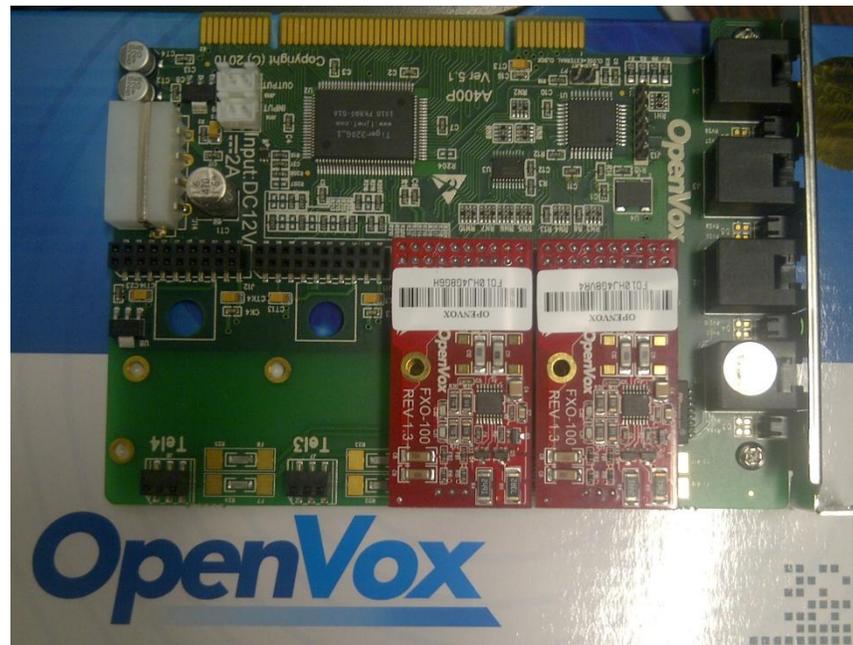
RDSI	Red De Servicios Digitales Integrados
RFC	Request For Comments – Solicitud de Comentarios
RTCP	RTP Control Protocol - Protocolo de Control de RTP
RTP	Real-time Transport Protocol - Protocolo de Transporte en tiempo Real
RTSP	Real-Time Streaming Protocol - Protocolo de Transmisión en tiempo Real
RTT	Round Trip Time - Tiempo de ida y vuelta
SIP	Session Initiation Protocol - Protocolo de Inicio de Sesión
TCP	Transmission Control Protocol – Protocolo de Control de Transmisión
UDP	User Datagram Protocol – Modelo de Seguridad basado en Usuario
UTP	Unshielded Twisted Pair – Par Trenzado Desprotegido
VAD	Voice activity detection - Detección de Actividad por Voz
VLAN	Virtual LAN - LAN Virtual
VPN	Virtual Private Network – Red Virtual Privada
WAN	Wide Area Network – Red de Área Extensa

ANEXOS

Anexo A. Estructura de funcionamiento de central Asterisk.



Anexo B. Tarjeta de telefonía analógica (dos módulos FXO) usada para las pruebas en sede principal SEBIN.



Anexo C. Tarjetería instalada en el puerto PCI del servidor Elastix.

